

SZAKDOLGOZAT

Ambrus Eszter

2024

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.1. sz. melléklete: Konzulensi nyilatkozat

NYILATKOZAT

Ambrus Eszter (hallgató Neptun azonosítója: DGY7SD) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: Budapest, 2024 év április hó 27. nap


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.

A hallgató neve: Ambrus Eszter
A Hallgató Neptun kódja: DGY7SD
A dolgozat címe: A zajfal két oldala: Közúti zajvédelmi létesítmények tájbaillesztési módszerei
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: MATE, Budai Campus, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Tájvédelmi és Tájrehabilitációs Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2024. április 28.



Hallgató aláírása



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet

Tájrendezés és Kertépítő mérnöki alapképzési szak

A zajfal két oldala: Közúti zajvédelmi létesítmények tájbaillesztési módszerei elemzése

Belső konzulens: Hubayné dr. Horváth Nóra
Krisztina

egyetemi docens

Intézete/Tanszéke: Tájépítészeti,
Településtervezési és
Díszkertészeti Intézet

Tájvédelmi és Tájrehabilitációs
Tanszék

Külső konzulens: Zlinszky Donát Eszter

tájépítész mérnök,
környezetgazdálkodási
szakmérnök (Unitef '83 Zrt.)

Készítette: **Ambrus Eszter**

Budapest

2024

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	7
2. Célkitűzés, motiváció, kutatói kérdések.....	7
3. Módszertan.....	8
4. Mi a zajárnyékoló fal?.....	9
4.1 Alapfogalmak.....	9
4.2 Mikor kell alkalmazni a zajárnyékoló falakat?.....	9
5. Magyarországon alkalmazott közúti zajárnyékoló megoldások és tájépítészeti szempontú értékelésük.....	10
5.1 Műanyag zajárnyékoló fal.....	11
5.2 Beton zajárnyékoló fal.....	11
5.4 Transzparens zajárnyékoló fal.....	13
5.5 Fém zajárnyékoló fal.....	14
5.6 Fabeton zajárnyékoló fal.....	14
5.7 Gabion zajárnyékoló fal.....	15
5.8 A hazai zajárnyékoló fal típusok összehasonlítása.....	17
5.8.1 Összehasonlítás tájba illeszthetőség alapján.....	17
5.8.2 Összehasonlítás anyagi vonzatuk alapján.....	19
6. Magyarországi helyzetfeltárás.....	20
6.1 Mintaterületek elemzése.....	22
6.1.1 M5 autópálya Budapest és Szeged között.....	23
6.1.2 M0 körgyűrű Biatorbágy és Budakalász között.....	25
7. Alternatív megoldások.....	27
7.1 Takarófasítás, zajvédelmi célú erdőtelepítés.....	28
7.2 Zajvédelmi domb/gát/töltés.....	29
7.3 Növénnyel kombinált zajárnyékoló falak.....	30
7.3.1 Növénnyel futtatott zajárnyékoló fal.....	31
7.3.2 Ültetőközege zajárnyékoló fal.....	32
7.4 Napelemes zajárnyékoló fal.....	33
7.5 Zajvédelmi célú alagutak, utak lefedése.....	34
7.5.1 Bevágásban haladó út befedése.....	34
7.5.2 Terepszinten haladó út körbeépítése.....	36
7.6 Alternatív zajárnyékoló megoldások összehasonlítása tájba illeszthetőség.....	37
7.7. Alternatív zajárnyékoló megoldások összehasonlítás anyagi vonzatuk alapján.....	39

8. Innovatív zajárnyékoló megoldások szakmai megítélése - interjúk	40
8.1 Tervezői álláspont	40
8.2 Kivitelezői álláspont.....	40
8.3 Üzemeltetői álláspont	41
8.4 Gyártói álláspont	41
8.5 Szakmai nézőpontok összehasonlítása	42
9. Zajárnyékoló falak megítélése a lakosság szemszögéből.....	44
9.1 Hagyományos módszerek megítélése laikus szemmel.....	45
9.2 Innovatív módszerek megítélése laikus szempontból	48
10. Összefoglalás.....	49
Használt irodalomjegyzék	51
Irodalomjegyzék.....	51
Jogszabályok, szabványok.....	51
Internetes források.....	52
Szóbeli adatközlők	54
Ábrajegyzék.....	55
Táblázatjegyzék.....	56
Mellékletek.....	57
Összefoglaló táblázat.....	57
Kérdőív kérdések.....	58
Szakmai interjú kérdések.....	64

1. Bevezetés

A dolgozatom során autópályák menti zajvédelmi létesítmények tájbaillesztési módszereivel foglalkoztam. Az előzetes hipotézisem szerint Magyarországon nem fektetnek megfelelő hangsúlyt a zajárnyékolási objektumok/műtárgyak fejlesztésre, illetve ritka a zöld megoldások használata. A fejlődő világgal párhuzamosan a zajterhelés mértéke és az érintettek száma folyamatosan nő. Növekszik a népsűrűség, a mobilitás hatására folyamatosan gyarapodik a forgalom, a nagyobb városok ökológiai lábnyoma pedig csak nő és nő. Egyre több eszköz és szolgáltatás könnyíti meg a mindennapi életet, így az általános életkörülményekhez való elvárások is egyre magasabbak. A zaj környezetterhelő hatása napról napra fokozódik, ami főként a fejlett és a fejlődő országokban van jelen, ahol a közlekedés és az ipar a gazdaság meghatározó része. (Tancsik,2013)

Nemzetközi és hazai szinten is érvényes, hogy egyre több utat terveznek, egyre nagyobb a forgalom és ezért egyre nagyobb a zajterhelés. Ezért felmerül a kérdés hogyan lehet védekezni úgy a zaj ellen, hogy ne egy tájidegen objektumot lássunk, hanem egy esztétikailag megfelelő, tájba illesztett, alig észrevehető megoldással éljünk együtt a mindennapok során. Sok szabályozás létezik arra, hogy a járműben közlekedők szemszögéből milyen feltételeknek kell megfelelniük a zajárnyékoló falaknak, azonban zajvédőfal túloldala felől kevesebb az előírás arra, hogy a műtárgyakat, hogyan lehet vizuálisan kedvezőbbé tenni, amellet, hogy a funkciójuk is megmarad.

2. Célkitűzés, motiváció, kutatói kérdések

A kutatásomban egy helyzetfelmérést végzek Magyarországon, hogy mi a jelenlegi gyakorlat a zajfalak kialakításában az autópályák mentén, valamint vizsgálatom kiterjed a zajárnyékoló falak tájképi-településképi megjelenésére a fal mindkét oldalán. Figyelembe veszem elsősorban az anyagát és állapotát, illetve esztétikailag mennyire illeszkedik a tájba. Két mintaterületen végeztem részletesebben vizsgálatot: Az M0 körgyűrű és az M5 autópálya Biatorbágy és Szeged közötti részén.

A hazai feltárást követően kitekintek a külföldön alkalmazott innovatív megoldásokra, ahol sok előremutató példával találkozhatunk. Főleg ausztriai és németországi területekről hozok példákat.

A vizsgálatom során szakemberek (tervezők, kivitelezők és üzemeltetők, gyártó, ellenőr) véleményét kérdezem interjú keretében, ahol a hazánkban alkalmazott- és az általam bemutatott külföldi innovatív megoldásokról kérem ki a szakmai véleményüket. A

dolgozatomat lakossági felmérés elemzésével zárom, amely által a lakosság szemszögéből vizsgálom a zajgátló létesítmények megítélését a zajárnyékoló fal mindkét oldalán, a közlekedésben résztvevők, illetve zajfal védett oldalán tartózkodók szemszögéből.

Mindemellett személyes motivációm a téma kutatása. 3 éve infrastruktúra tervező cégnél dolgozom gyakornokként, ahol tapasztalataim alapján több tervező is szeretne zöldebb megoldásokat használni, azonban ez a legtöbb esetben nem valósul meg.

A dolgozatom elkészítése során a következő kérdésekre keresem a választ:

- Mi a hazai helyzet az autópályák mentén alkalmazott zajvédelmi létesítmények terén?
- Külföldön milyen alternatív módszereket alkalmaznak? (formák, színek, anyagok)
- Ezek alkalmazhatóak lennének-e hazánkban?
- Mennyire figyelnek a tájbaillesztésre a zajárnyékoló falak védendő oldala felől?
- Mi a megítélése az innovatív megoldásoknak szakmai és laikus szemszögből hazánkban?

3. Módszertan

A vizsgálatokat egy országos helyzetfeltárással kezdem, amelyhez a Magyar Közút Nonprofit Zrt. Közúti szolgáltató Igazgatóságtól kértem adatszolgáltatást. Áttekintő térképet készítek az autópályákon megtalálható zajárnyékoló falakról, amelyeket Street Viewer segítségével monitorozok végig és egészítem ki a hiányzó adatokat. A térképes és táblázatos adatok alapján átfogó országos vizsgálatot készítek és két mintaterületet részletesen elemzek. Külföldi megvalósult megoldások bemutatását internetes kutatásokra alapozom, amelyeket egységes szempontrendszer alkalmazásával értékelek tájbaillesztettség szempontjából. A megállapításaimat táblázatos formában elemzem és hasonlítom össze.

A dolgozatom fontos részének találom, hogy szakmai interjúkat és lakossági közvéleménykutatást végzek. Az interjúalanyoknak felkeresek tervezőt, kivitelezőt, üzemeltetőt és gyártót, akiktől arra szeretnék választ kapni, hogy miért nem terjedtek el az innovatív megoldások Magyarországon. Az interjúk személyesen, illetve online történnek. A közvéleménykutatás során a kérdések arra irányulnak, hogy hogyan vélekednek az emberek az innovatív megoldásokról, illetve mennyire lennének nyitottak a fejlesztésre. A kérdőíveket interneten adom közre digitális formában.

A kutatás során március és áprilisban több alkalommal jártam helyszíni felmérésen, ahol vizsgáltam a zajfalak anyagát és állapotát, valamint a környezetét, valamint a martonvásári mérnökség kalauzolásával több helyen is megvizsgáltam az M7 autópálya szakaszait.

4. Mi a zajárnyékoló fal?

4.1 Alapfogalmak

A **hang és a zaj** fizikai meghatározás és mérés szempontjából teljesen azonos fogalmak, csak az emberi érzékelés különbözteti meg a kettőt egymástól. Emberi szempontból a hang legfontosabb jelentéstartalma a hangélmény. **Zajnak nevezünk minden nemkívánatos, zavaró hangot, mely kellemetlenséget okoz, vagy megzavar valamilyen tevékenységünkben.** (Bite 2016).

Minden olyan létesítményt, ami akusztikailag méretezett és a közlekedési zaj csökkentésére alkalmas **zajárnyékoló építménynek** nevezünk. A **zajárnyékoló fal** a hosszához és a magasságához képest jellemzően vékony, cserélhető, oszlopok közé elhelyezett zajárnyékoló falelemekből álló, akusztikai szempontból minősített szerkezet, mely hatékonyan képes csökkenteni a közlekedésből származó zaj terjedését. (http1)

4.2 Mikor kell alkalmazni a zajárnyékoló falakat?

A műszaki előírások szerint zajárnyékoló építményt tervezésére akkor kerül sor, ha a közúti közlekedésből származó zaj csökkentése szükséges, a vonatkozó jogszabályban szereplő határértékek teljesítése a cél, illetve, ha a közút melletti környezet kisebb zajterhelése az elvárás. Zajárnyékoló építmények engedélyezési tervénél vizsgálni kell a zajárnyékoló építmény zajvédelmi hatását és szükség esetén igazolni kell, hogy a külön jogszabályban rögzített zajterhelési határértékek a megtervezésre kerülő zajárnyékoló létesítménnyel a távlati forgalom nagysága mellett teljesülnek. A tervezésnél figyelembe kell venni a zajárnyékoló fal helyét, hosszát, magasságát, viszonyítási síkját, akusztikai és műszaki követelményeit.

284/2007.(X.29) Korm. rendelet tartalmazza a környezeti zajvédelem területén érvényes általános előírásokat, amely meghatározza a hatásköröket. A jogszabály szerint **védendő (védett) környezetnek** minősül a védendő terület és védendő épület, helyiség, amely emberi tartózkodásra, tevékenység végzésére szolgál, és ahol az emberi tevékenység zavarásának megakadályozása vagy az emberi egészség védelme érdekében a környezeti zaj, rezgés mértékét korlátozni kell (http2). A 284/2007.(X.29) Korm. rendelet **2. § paragrafus**a szerint a következők a védendő területek, épületek:

védendő (védett) terület: a településrendezési terv szerinti

pa) lakó-, üdülő-, vegyes terület,

pb) különleges területek közül az oktatási létesítmények területei, az egészségügyi területek és temetők területei,

pc) zöldterület (közkert, közpark),

pd) gazdasági területnek az a része, amelyen zajtól védendő épület helyezkedik el;

védendő (védett) épület, helyiség:

qa) kórtermek és betegszobák,

qb) tantermek és előadótermek oktatási intézményekben, foglalkoztató termek és hálóhelyiségek bölcsődékben, óvodákban,

qc) lakószobák lakóépületekben,

qd) lakószobák szállodákban és szálló jellegű épületekben,

qe) étkezőkonyha, étkezőhelyiség lakóépületekben,

qf) szállodák, szálló jellegű épületek, közösségi lakóépületek közös helyiségei,

qg) éttermek, eszpresszók,

qh) kereskedelmi, vendéglátó épület eladóterei, illetve vendéglátó helyiségei, várótermek;

A hatályos jogszabály nem tér ki a természeti értékeknek az autópályák közlekedési zaja elleni védelemre. Ezen jogszabályi pontokat követően a következő fejezetben részletesen ismertetem a hazánkban alkalmazott zajárnyékoló létesítmények típusait.

5. Magyarországon alkalmazott közúti zajárnyékoló megoldások és tájépítészeti szempontú értékelésük

A zajárnyékoló építmény élettartamát a falakhoz felhasznált anyagok minősége, tulajdonsága és mérete határozza meg. Ebben a fejezetben bemutatom, hogy milyen hazánkban milyen típusú közúti zajfalakat ismerünk és ezeknek a falaknak milyen tulajdonságai vannak, illetve miért alkalmazzák vagy hanyagolják őket.

5.1 Műanyag zajárnyékoló fal

A műanyag falak előnye, hogy könnyen színezhető, nem korrodál, viszonylag olcsó. Az elemek a rongálással, lopással szemben ellenállónak bizonyultak (Bite 2016). Az első zajárnyékoló falak megépítése óta szerzett tapasztalatok alapján elmondható, hogy a műanyag burkolatú falak az UV hatására az öregedés és rongálás miatt váltak a közútkezelők számára nem kívánatossá. (http3)

Ezek az elemek ma már készülhetnek újrahasznosított műanyagból is amely zsugorodnak és nem deformálódnak. Ugyanakkor, ha a termék túllépte a várható élettartamát, az anyagok újrahasznosíthatók, ezáltal körkörös gazdaságot teremtenek. (http4)



1. ábra Újrahasznosított műanyag zajfal, Procter Brothers Ltd 2024 angolai cégsoport gyártmány (Forrás: <https://www.proctercontracts.co.uk/product/acoustic-fencing/pro-acoustic/>)

5.2 Beton zajárnyékoló fal

A beton zajárnyékoló fal robusztus megjelenése még festéssel is nehezen illeszthető a tájba. Az időjárással szembeni ellenállása és a fenntartási igénytelenség nem kompenzálja a kedvezőtlen esztétikai megjelenést és a fal hangvisszaverő voltát. (Bite 2016)



2. ábra Zajfal betonból mintázattal (forrás: https://www.concretenetwork.com/photo-gallery/site_26/photo_7054/)

5.3 Fafonatos zajárnyékoló fal

A fafonatos zajárnyékoló fal hanggátlása megfelelő, a falak részben, illetve teljesen elnyelő változatokban készülnek. Ez a faltípus esztétikus, jól illeszthető a tájba, a növényzethez, kedvező pszichológiai hatása van. A fal időjárásállósága, tartóssága a műbizonylatok szerint 15- 20 év. A szigorú élettartam-követelmények (időjárás, öregedés stb.) miatt alapanyagként csak kevés fafajta jöhet számításba, ugyanakkor a megfelelő felületkezelés megdrágítja a szerkezetet. Gondot okoz az impregnáló anyag helyes megválasztása is. (Bite, 2016)



3. ábra Fafonatos zajárnyékolófal
(Forrás: <https://asalehu.unionjill.org/content?c=zajv%C3%A9d%C5%91+ker%C3%ADt%C3%A9s&id=40>)

Bitaróczy Tamás Úrral (**Koncessziós Infrastruktúra Fejlesztő Zrt.**) az interjú során meglátogattuk az M7 szakaszán több helyszínt is, ahol szemügyre tudtunk venni a zajfalak tervezése, kivitelezése és kezelése szempontjából pozitív és a negatív példákat. Ennél a zajfal típusnál a problémát az jelenti, hogy a falécek alatt található textília tönkremegy az UV sugárzás

hatására (4. ábra), így az alatta lévő kőzetgyapot kibukkan és foszlásnak indul, amely befolyásolja a zajfal hatékonyságát is. Az alábbi fényképen látható egy régi, már az időjárás által roncsolódott fafonatos fal, valamint egy viszonylag újabb, jó állapotú fal.



4. ábra Fafonatos zajárnyékoló falak M7 autópálya Sukoró környékén (Forrás: saját kép 2024.03.15)

5.4 Transzparens zajárnyékoló fal

Az üvegelemes zajvédelmi rendszerek előnye az átlátszóság és a lehetséges kombinációk széles skálája. Az elemek készülhetnek üvegből vagy plexiből és ezeknek különböző erősített változataiból. Kombinálhatóak fával, fémmel vagy más elemekkel is. Az üvegelemek robusztus és rendkívül tartós kompozitból vagy plexiből készülnek. Rendkívül hatékony, tesztelt hangvisszaverő tulajdonságokkal rendelkeznek. Az üveg emellett vizuálisan tágítja a teret, illetve javítja az átláthatóságot. Az érintettek komfort- és biztonságérzetét növeli. A közlekedők, lakosság és a járókelők körében ezáltal nagyobb a projekt elfogadottsága. (http5)



5. ábra Üvegből készült zajárnyékolófal (Forrás: <https://alphacoustic.com/en/product/transparent-noise-barrier/>)

Az átlátszó falakat elsősorban olyan helyeken építik, ahol a rálátási háromszög egyéb módon nem biztosítható, illetve műtárgyakon alacsony tömegük és kis helyigényük miatt. Az átlátszó falak előnye az esztétikus megjelenés (megfelelő karbantartás esetén), nem rontja a tájképet, nem zárja el a kilátást járművezetőtől és a környék lakóinak sem kell 3 m magas tömör fal mögött élni. Mindezen előnyök állnak szemben a visszaverő tulajdonság miatt jelentkező hátránnyal, illetve a karbantartási igénnyel. (Bite 2016)

Alkalmazásuknál figyelembe kell venni, hogy mi helyezkedik el az út másik oldalán, ahova visszaveri a zajt, így nem alkalmazható minden körülmények között. (Muntág András szóbeli adatközlő, 2024)

Az átlátszó zajvédő létesítmény céljától függően az üvegtáblák anyagát választhatjuk akrilüveg, polikarbonát vagy valódi üveg közül. Az átlátszó zajárnyékoló fal eltérő kialakítása például a madárvédelem típusától vagy az üvegtáblák rögzítésétől is függhet. (http6)

5.5 Fém zajárnyékoló fal

A fém zajárnyékoló falak előnye az elemek egyszerű variálhatósága, színezhetősége. A falak tisztítása, fenntartása egyszerű, az mosással megoldható. A fém falak hátránya viszont, hogy a megfelelő korrózióvédelmet nehéz megvalósítani, illetve, hogy azok könnyen szétszerelhetők, ezért rongálják, ellopják azokat. A fém fal Magyarországon rongálás, vandalizmus miatt ritkán kerül elhelyezésre. (Bite 2016)

5.6 Fabeton zajárnyékoló fal

A fabeton zajfalat alkotó elemek felülete cementkötésű faforgácsból préseléses technikával kialakított réteg, mely 13 centiméteres fix betonmagot ölel körbe. Ennek a típusnak nagy előnye, hogy jó hangelnyelő képességgel rendelkezik, valamint változatos a felületi kialakítása és a színezése. (http7)

A fabeton falnak az egyik típusa a Durisol néven ismert típus, amelyet a Leier cégcsoport gyárt. Az alapanyaga újrahasznosított faforgács, egy maximálisan környezetbarát terméknek minősül. Az esetlegesen elrontott elemeket is be lehet darálni és újra lehet hasznosítani a következő elemhez. (Major Tamás, szóbeli adatközlő, 2024)

Ez a megoldás nem igényel különösebb karbantartást, változatos felület-, mintázat- és színvariáció alkalmazható.



6. ábra Leier gyártású Durisol fabeton zajárnyékoló falak (Forrás: <https://www.leier.hu/hu>)

Megtévesztő módon a fabeton elemek hátulja a védendő oldal számára beton elemeknek hatnak, mivel az elemek kiöntésénél a hátoldalt betonnal húzzák át. (Bitaróczy Tamás szóbeli adatközlő, 2024)

A 7.ábrán egy viszonylag új építésű zajfal hátulja látható. Ebben az esetben a lakóépületek felőli részen nem történt tájbaillesztés vagy esztétikai mérséklés.



7. ábra Fabeton zajfal a védendő oldal felől, Érd, M7 (Forrás: Saját kép, 2024.03.14)

5.7 Gabion zajárnyékoló fal

Vannak, akik nem szeretik a kövekkel teli drótkosarakat, mert túl élettelennek és hidegnek tűnnek, azonban a kitöltésre több típusú anyag is alkalmas, amelyeknek a kiválasztása a funkciót is nagymértékben befolyásolja. A gabion falak külföldön szélesebb körben elterjedtek, ahol bel- és külterületeken is egyaránt alkalmazzák

Alkalmazásuk mellett szól az időjárás állóság, hangelnyelő tulajdonság, valamint a karbantartás mentesség. (Bite 2016)

Kitöltésre több hagyományos anyag is szolgál, úgy, mint a különböző kövek, helybéli anyagok alkalmazása, valamint a fa és fakorongok, azonban új lehetőség az építkezési törmelékek felhasználása is. Tájépítészeti szempontból a gabion falak jól futtathatók növényekkel és különleges installációkkal összefonódva tökéletesen illeszkednek a tájképbe kül- és belterületen egyaránt. (http8)



8. ábra Gabionfalak, Sinsheim, BAB 6 és Sarstedt, B 6 Németország (Forrás: <https://hoy-geokunststoffe.de/referenzen/>)

Ha a közlekedési zajt még tovább kell csökkenteni, porózus lávakőzet, például habláva is használható. A lávakőnek jó hangelnyelő tulajdonságai vannak, és a professzionális cégek gabionfalak kitöltésére is használják. A zajvédelem mértéke nagyban függ a szerkezet magjától, ami lehet többek között acéllemez. (http9)

Jó tulajdonsága ezeknek az elemeknek, hogy variálható a kitöltésük. A 9. ábrán látható gabion belső része beton maggal rendelkezik, amely **zökkenőmentes hangszigetelést** biztosít és egyben merevítő elemként is szolgál. A zajforrás felőli kamrában a lávakő biztosítja az elnyelést. A másik oldalon fagy- és nyomásálló kőanyag biztosítja a gabionok jellegzetes, természetes megjelenését. Például a forgalmas utcákból, autópályákból, tehergépjárművekből vagy vasúti szerelvényekből eredő – közlekedési zajszennevezés hatékonyan ellensúlyozható a zajárnyékoló fal használatával. (http10)



9. ábra Gabionfal kitöltése különböző anyagokkal (Forrás: <https://hoy-geokunststoffe.de/laermschutz-mit-gabionen/>)

5.8 A hazai zajárnyékoló fal típusok összehasonlítása

A következő fejezetben összehasonlítom a korábban bemutatott zajárnyékoló fal típusokat tájbailleszhetőségük és anyagi vonzataik alapján.

5.8.1 Összehasonlítás tájba illeszthetőség alapján

Az eddig Magyarországon alkalmazott zajárnyékoló fal típusok tájbailleszhetőség szerinti összehasonlítására két táblázatot készítettem. Az egyikben a megjelenés szempontjából értékeltem az anyaghasználatot, a megjelenést, a struktúrát és a színt. A cellák színezésével jelöltem, hogy melyik típusnak van több előnye (zöld), több hátránya (piros) vagy előny és hátrány is tartozik hozzá (narancssárga).

Hagyományos zajárnyékoló megoldások összehasonlítása tájbailleszthetőségük szempontjából				
Zajárnyékoló fal típusa	Anyaghasználat	Megjelenés	Struktúra, helyigény	Szín
Műanyag	újrahasznosított műanyagból is készülhet	könnyen variálható, színezhető	változatos felületeket lehet létrehozni vele	könnyen színezhető és variálható minták, de festék árak miatt csak néhány olcsóbb színt használnak
Beton	beton	nehezen tájbailleszthető festéssel is	robosztus	rideg, szürke
Fém	fém, nehezen kivitelezhető korrózióvédelem	könnyen variálható, színezhető	változatos felületeket lehet létrehozni vele	könnyen színezhető és variálható minták, de festék árak miatt csak néhány olcsóbb színt használnak
Fabeton	újrahasznosított fahulladék	könnyen variálható, színezhető	könnyen variálható elemek, változatos felületek,	könnyen színezhető és variálható minták, de festék árak miatt csak néhány olcsóbb színt használnak
Fafonatos	fa (befolyásolja a fa minősége, kezelése, időjárásnak kitettsége)	könnyen tájbailleszthető, de a fa elszürkül kezelés nélkül és a fonat alatti textil szétmállik az UV sugárzás hatására	jól illeszthető tájba	fa használata miatt természetközeli
Gabion	kövek, fa, fakorong, építkezési törmelék	anyaghasználata miatt jól tájbailleszthető	magasabb falaknál robosztus, nagy helyigény	különböző anyaghasználattal változatosabbá lehet tenni
Transzparens	plexi vagy üveg	esztétikus, de a plexi öregedésnél bemattul	vizuálisan tágítja a teret,	madárvédelmi mintázat kerülhet rá,

1. táblázat Hagyományos zajárnyékoló megoldások összehasonlítása tájbailleszthetőségük szempontjából (Forrás: Saját szerkesztés)

A táblázat alapján megállapítható, hogy a tájbailleszthetőség szempontjából a legtöbb előnnyel a gabion falak rendelkeznek. A változatos anyaghasználatuk miatt a legtöbb környezetben esztétikusan mutat, azonban ahol magasabb falakra van szükség érdemesebb másik típust választani. Anyaghasználat szempontjából a hagyományos megoldások közül előnyösnek ítélem meg a fabetont, mivel az ipari fahulladékból készült és újrafelhasználható sérülés esetén, valamint a műanyagot, amennyiben újrahasznosított hulladékból készülnek, azonban ezek tájbailleszthetősége rosszabb. Sárgával jelöltem a fafonatosat és a transzparens

falakat, mivel ezek viszonylag rövidebb ideig esztétikusak, a környezeti elemeknek köszönhetően rövidebb az élettartamuk. Megjelenés szempontjából zölddel jelöltem azokat a típusokat, amelyek színük vagy textúrájuk miatt könnyebben tájbailleszhetőek.

5.8.2 Összehasonlítás anyagi vonzatuk alapján

A következő 2. táblázatban azt vizsgáltam, hogy az esztétikai, tájbaillesztési szempontok kívül milyen egyéb szempontok befolyásolják a zajárnyékoló falak alkalmazását. Figyelembe vettem az építési költséget, az üzemeltetési költséget, a fenntarthatóságot, illetve az élettartamot. A színjelölés a korábbi táblázathoz hasonlóan történt: van több előnye (zöld), több hátránya (piros) vagy előny és hátrány is tartozik hozzá (narancssárga).

Hagyományos zajárnyékoló megoldások összehasonlítása anyagi vonzatuk szempontjából				
	Építési költség	Üzemeltetési költség	Fenntarthatóság	Élettartam
Műanyag	viszonylag olcsó	elenyésző	készülhet újrahasznosított műanyagból	UV hatására hamar öregedik
Beton	viszonylag drága	elenyésző	időtálló, kevés fenntartást igényel	hosszú
Fém	viszonylag drága	elenyésző	sok a lopás, rongálás	korrodáció és rongálás miatt rövid
Fabeton	színezéstől függ	elenyésző	sérülés esetén újrahasznosítható az anyag	hosszú
Fafonatos	viszonylag olcsó	elenyésző	rövid idő alatt tönkremehet kezelés nélkül	UV hatására hamar öregedik
Gabion	viszonylag drága	elenyésző	időtálló, függ a kitöltőanyagától	hosszú
Transzparens	Üvegből készült fal drága	nincs, de sérülékeny, gyakoribb takarítást igényel	hosszú élettartamú, ha nincs sérülés	Idővel a plexi bemattul és elcsúnyul

2. táblázat Hagyományos zajárnyékoló megoldások összehasonlítása anyagi vonzatuk szempontjából

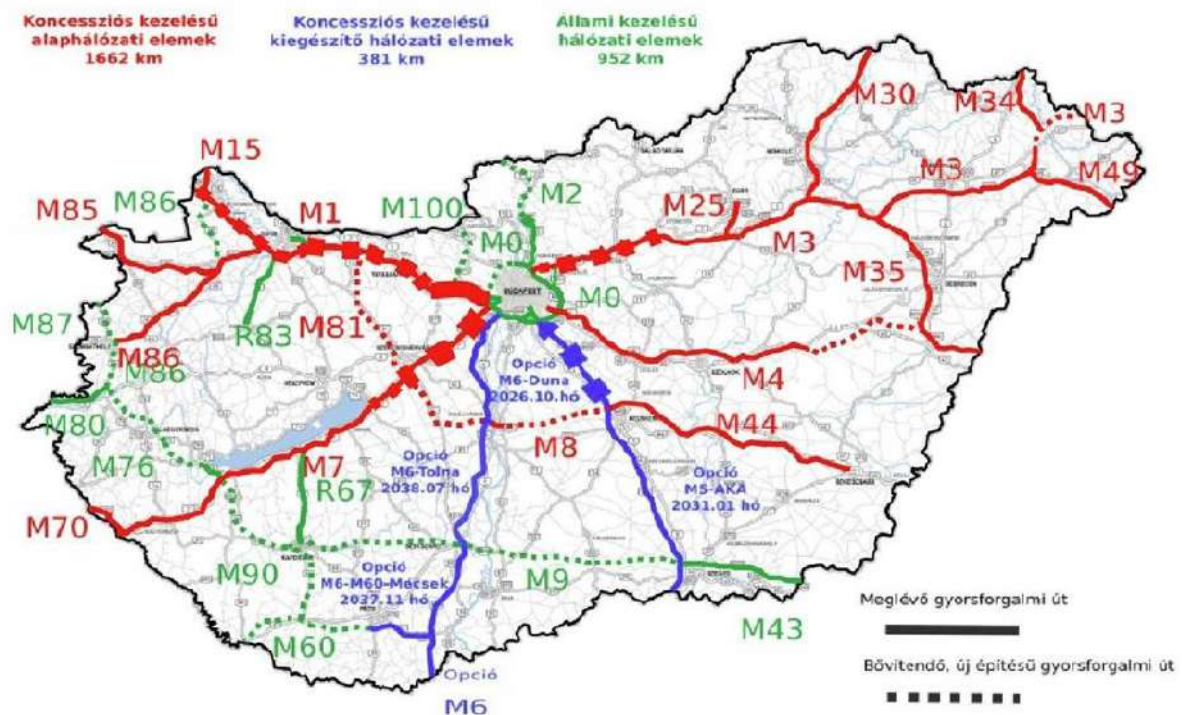
A táblázat alapján megállapítható, hogy anyagi vonzatai szerint a fabeton a legkedvezőbb. Építési költség szempontjából a műanyag és a fabeton minősült a legkedvezőbbnek. Üzemeltetési költség szempontjából a fentebb bemutatott típusoknak

többnyire nincs szüksége különösebb kezelésre, ha nem esik rajtuk sérülés, kivéve a transzparens falakat. Esztétikai szempontból érdemes időszakonként tisztítani, ami növelheti az élettartamát is. Fenntarthatóság szempontjából a fabeton falak minősülnek a legelőnyösebbnek újrahasznosíthatóságuk miatt. Élettartam szempontjából a beton, fabeton, valamint a gabionfalak a legelőnyösebbek, hosszútávon fennmaradnak kezelés nélkül is.

6. Magyarországi helyzetfeltárás

A Magyar Közút Nonprofit Zrt. 2024. januári állapotokat mutató térinformatikai és táblázatos adatszolgáltatása segítségével elemeztem a hazánkban kiépített autópályák és főbb autóutak zajárnyékolási műtárgyait. Ebben a fejezetben elemzem a zajfalak és az autópályák hosszának az arányát, illetve az anyaghasználatát. Majd két mintaterületen vizsgálom a zajfalak környezetét is.

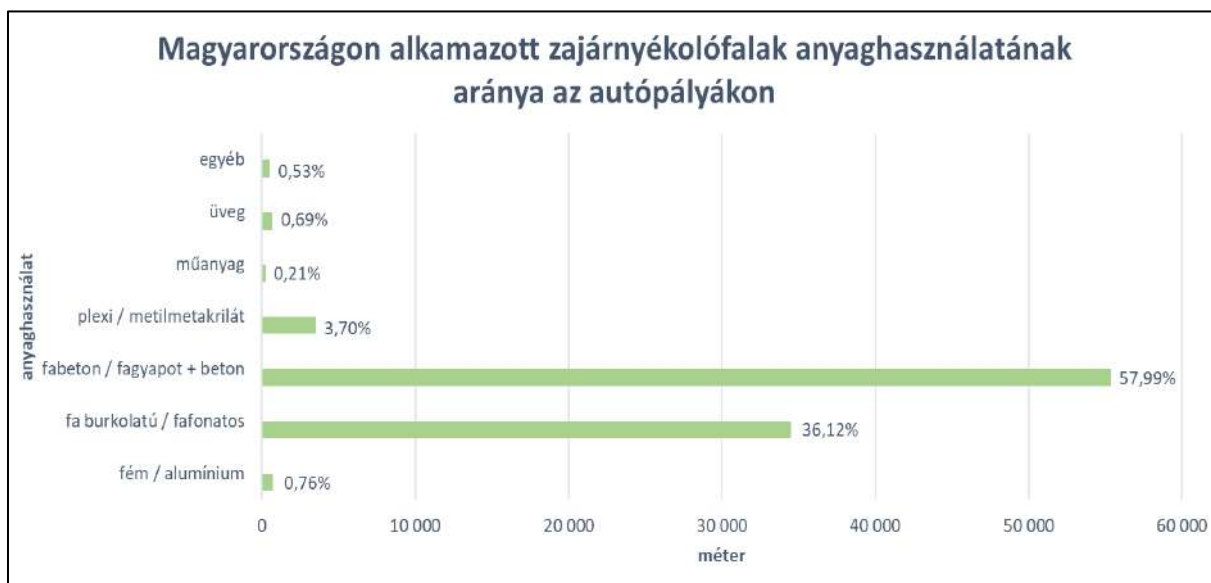
A KSH 2021-es adatai szerint Magyarországon 1 860 km autópályával rendelkezik (http.21). Az autópályák rendszerét a 10. ábra mutatja be.



10. ábra Autópályák nyomvonalai Magyarországon (Forrás: <https://kecsup.hu/>)

Az autópályák mentén 95,522 km zajárnyékoló fal létesült napjainkig hazánkban (Magyar Közút Nonprofit Zrt). Ez arányosítva (az autópályák hosszának mindkét oldalára vonatkoztatva) az autópályák 2,56%-át jelenti. Felmerül a kérdés, hogy milyen típusú

zajárnyékoló falak kísérik a hazai autópályákat. Ebben a fejezetben erre a kérdésre keresem a választ.



11. ábra Autópályák nyomvonalai Magyarországon (Forrás: <https://kecsup.hu/>)

Zajárnyékoló falak típusonkénti megoszlása magyarországi autópályák mentén		
Anyaghasználat	méter	%
fém / alumínium	722,0	0,76
fa burkolatú / fafonatos	34 498,0	36,12
fabeton / fagyapot + beton	55 395,5	57,99
plexi / metilmetakrilát	3 532,5	3,70
műanyag	200,5	0,21
üveg	663,5	0,69
egyéb	509,5	0,53
Összesen	95 521,5	100

3. táblázat Zajárnyékolófalak típusonkénti megoszlása a magyarországi autópályák mentén (Forrás: Saját szerkesztés)

Összefoglaló táblázat (3. táblázat) a Magyarország autópályáin megtalálható zajfalakról anyaghasználatuk szerint (Forrás: Magyar közút adatszolgáltatás alapján saját szerkesztés)

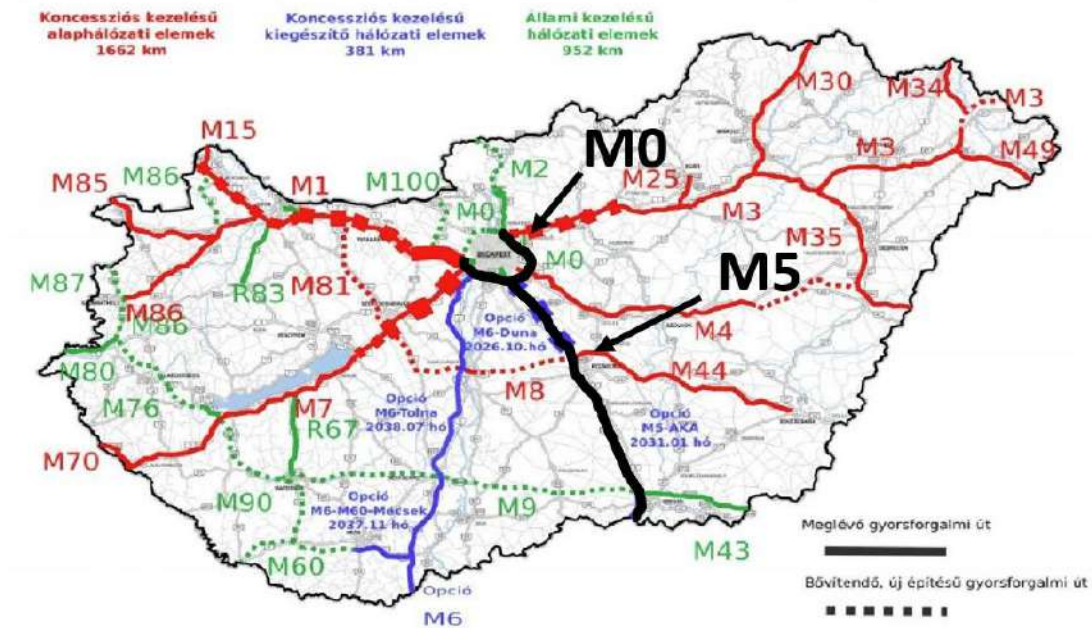
Magyarországon, ahogy az 11. ábrán is látható, anyaghasználat szempontjából két zajfal típus dominál. A fabetonból 55,39 km (36%), míg a fafonatos vagy faburkolatú zajfalból 34,49 km (36%) került kihelyezésre. A transzparens (plexi, metilmetakrilát) falak hossza 3,53 km, bár újonnan ritkán alkalmazzák ezt a megoldást. Az üveg (0,66 km), műanyag (0,20 km) és fém

(0,72 km) falak hossza elenyésző. Ennek oka valószínűleg az 5. fejezetben is megemlített rongálás és a lopás lehet. Fontos megemlíteni, hogy a zajárnyékoló falak alkalmazása egy szükséges dolog, amit a közlekedők által gerjesztett közlekedési zaj miatt kell kihelyezni. **Miután tudjuk, hogy az adott problémát meg kell oldanunk, az a kérdés, hogy milyen eszközt választunk. Fontos a zajvédelem hatékonysága, emellett érdemes egy olyan megoldást választanunk, amely esztétikus és a lehető legkisebb befolyással van a műtárgyat körülvevő környezetre. A Magyar Közút Nonprofit Zrt. adatai szerint tehát alternatív zajgátló megoldásokat nem, vagy alig alkalmaznak hazánkban az autópályák és fő közlekedési utak mentén.**

Az elvégzett elemzés eredményei alapján megállapítható, hogy hazánkban a zajfalak, mint a zajvédelmi műtárgyak létesítésénél a tájbaillesztési szempontok háttérbe szorulnak. A jelenleg elterjedt zajárnyékoló falak tájidegenek, tájképi és településképi szempontból kedvezőtlen megjelenésűek és vizuális elválasztó hatást okoznak a tájban, illetve a településeken belül egyaránt. Az elvégzett országos helyzetfeltárás rámutatott, hogy közel 100 km hosszan tájképromboló/tájidegen zajvédelmi létesítmények kísérik az autópályákat Magyarországon.

6.1 Mintaterületek elemzése

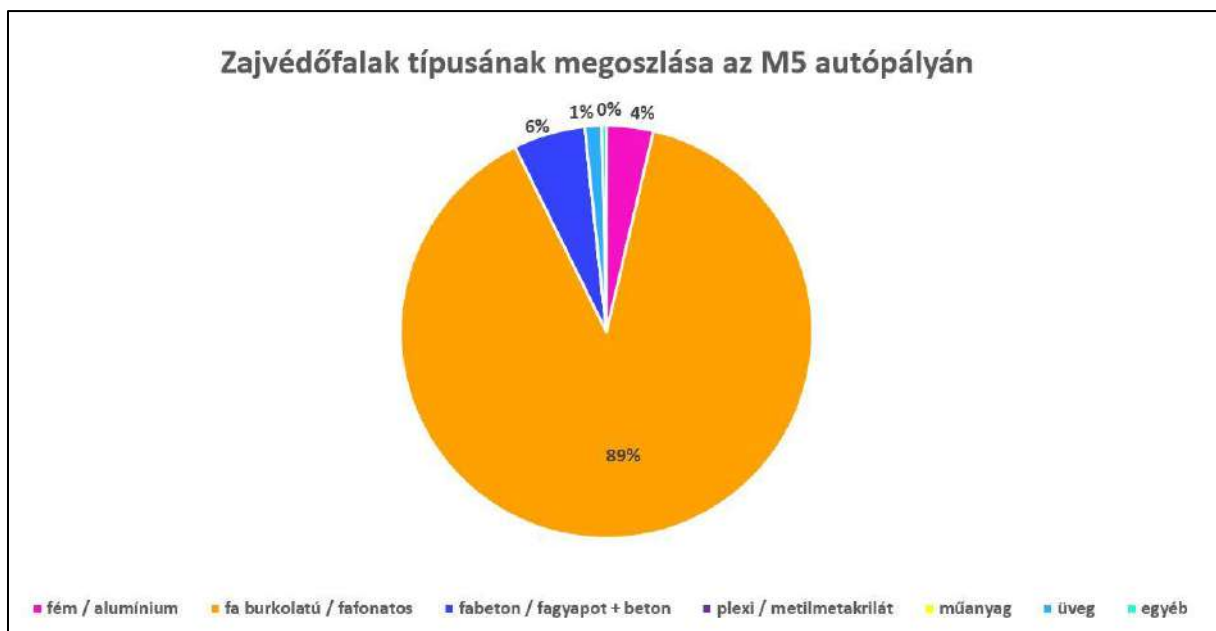
A szakdolgozatomban az M0 körgyűrűt és az M5 autópályát vizsgálom részletesebben (12 ábrán feketével jelölve). A vizsgálat során figyelembe vettem a védendő létesítményeket (lakóterület, üdülőövezet, temető), országos jelentőségű védett természeti területeket, ex lege védett területeket, valamint, a nemzeti parkok határait. A két vizsgált autópálya szakaszon belül 3-3 mintaterületet részletesebben is elemzek. Az természetvédelmi területeket az Agrárminisztérium Természetmegőrzési Főosztály által kibocsájtott természetvédelmi adatkörök által vizsgáltam. ([http 22](#))



12. ábra Autópályák nyomvonalai Magyarországon, feketével jelölve az M0 körgyűrű és az M5 mintaterületek (Forrás: <https://kecsup.hu/>)

6.1.1 M5 autópálya Budapest és Szeged között

Az M5 autópálya átnézeti térképe az 2/1. számú tervlapmellékletben található. A vizsgált szakasz 143 km hosszúságú, melynek összesen 7%-át (közel 20 km hosszon) kíséri zajárnyékoló fal. Anyaghasználat szempontjából a fazonatos, faburkolatú zajárnyékoló falak dominálnak (89%). A fabeton (6%), fém (4%) és az üveg (1%) zajfalak elenyésző mennyiségben fordulnak elő az M5 autópálya mentén. (1. melléklet)



13. ábra M5 autópályán alkalmazott zajárnyékolófalak anyaghasználatának aránya (Forrás: Saját szerkesztés)

Első vizsgálati helyszínem **Táborfalva**, ahol a lakóterület és a pálya között nincs távolság, összeér a lakóövezet és az autópálya. (14. ábra) Az első lakóépület 120 méterre van az autópályától. A zajvédelmet fafonatos zajárnyékoló falakkal oldották meg. Az út keleti oldalán az Országos Ökológiai Hálózat pufferterrülete található.



14. ábra M5 autópálya környezete Táborfalva térségében (Forrás: Google Earth)

A második helyszíneként **Kecskeméten** az M5 és Dunaföldvár 52. számú út találkozását vizsgáltam. A zajvédelmet fém és fafonatos zajárnyékoló falakkal oldották meg. Az autópálya nyugati oldalán lakóterületek és az Országos Ökológiai Hálózat Magterülete található, ahol a Csalánosi Erdő helyezkedik el. Az autópálya keleti oldalán a Google Earth műhold felvételén lakóház jellegű épületek láthatóak. (15. ábra)



15. ábra M5 autópálya környezete Kecskemét térségében (Forrás: Google Earth)

A harmadik vizsgálati helyszínem az M5 autópálya nyomvonalán **Szatymaz** település mellett helyezkedik el. Keletre az Országos Ökológiai hálózat magterülete található 80 méterre. Az út mindkét oldalán a Google Earth felvételén elszórtan tanyák találhatóak. A zajvédelmet fafonatos zajárnyékoló falakkal oldották meg. (16. ábra)

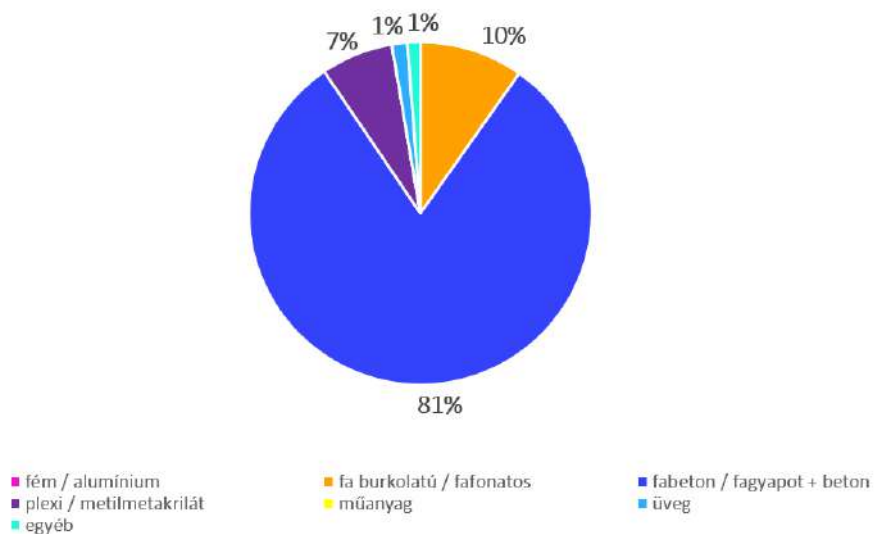


16. ábra M5 autópálya környezete Szatymaz térségében (Forrás: Google Earth)

6.1.2 M0 körgyűrű Biatorbágy és Budakalász között

Az M0 körgyűrű átnézeti térképe az 2/2. számú tervlapon látható. A vizsgált szakasz 77 km hosszúságú, melynek összesen 15,3 %-át (közel 20 km hosszon) kíséri zajárnyékoló fal. Anyaghasználat szempontjából a fabeton zajárnyékoló falak dominálnak 81%-ban. A fafonatos (10%), plexi (7%) falak kis mennyiségben fordulnak elő. Az üveg (1%) és egyéb (1%) zajfalak mennyisége elenyésző. (2. mellékletek)

Zajvédőfalak típusának megoszlása az M0 körgyűrűn



17. ábra M0 autópályán alkalmazott zajárnyékolófalak anyaghasználatának aránya (Forrás: Saját szerkesztés)

M0 körgyűrűn az első vizsgálati helyszínem a **Dunakeszi Dél** lejtő, ahol északra a dunakeszi-i tőzgebányatavak helyezkednek el, amely ex lege védettség alatt áll, valamint az Országos Ökológiai Hálózat Ökológiai folyosó övezetnek a része. A zajárnyékolást fabeton falakkal oldották meg. A pálya déli részén a Mogyoródi-patak és a Csomádi-patak folyik, amelyek az Ökológiai folyosó övezetnek a részei. A lakóövezet kb. 150 méterre helyezkedik el a pálya lejtőjétől.



18. ábra M0 körgyűrű Dunakeszinét a felüljáró alulról fotózva (Saját kép: 2024.04.21)

A második vizsgálati helyszínem **Pécel** közelében a Pesti út és az M0 találkozási pontja. Ezen a helyszínen mindkét oldalról közel helyezkedik el a lakóövezet (kb. 250m). A zajvédelmet fabeton és plexi zajfalakkal oldották meg. A plexi zajárnyékoló fal a Rákos-patak feletti hídon alkalmazták. A zajfalakat és az autópályát Pécel oldaláról takarófásítással illesztették a tájba.



19. ábra M0 körgyűrű Pécel felől, a pálya takarófásítással lett tájbailleszve (Saját kép: 2024.04.21)

Az M0 körgyűrűn a 3. vizsgálati helyszínem **Nagytétény** volt, ahol a pályát lakóövezet veszi körbe, valamint egy temető is található a közelben. A pálya ezen részén mindkét oldalon végig zajfallal van körbeépítve, többségében fabetonból. Ahol a pálya a töltésen halad változatos takarófásítással lett tájbaillesztve az északi oldalról



20. ábra M0 körgyűrű Nagytétény környéke, északi oldalról fotózva, a tájbaillesztés takarófásítással történt (Saját kép: 2024.04.21)

A bemutatott vizsgálati helyszínek alapján megállapítható, hogy többféle megoldást is alkalmaznak a különböző területeken Magyarországon. A szakdolgozatomban csak néhány helyszínt vizsgáltam, átfogóbb következtetések levonásához további vizsgálatokat szükségesek.

7. Alternatív megoldások

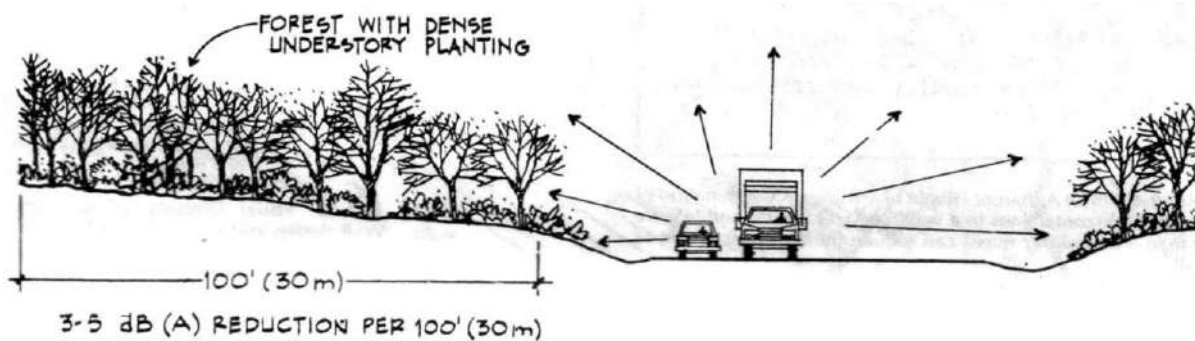
A következő fejezetben olyan alternatív, nem hagyományos autópálya menti zajárnyékoló megoldásokat mutatok be, amelyeket külföldön már sikeresen alkalmaztak. Az előző fejezetekben a zajárnyékoló falak anyaghasználatán volt a hangsúly. Ezek mind jó megoldások és a maguk korában mind innovatív és korszerű megoldások voltak, azonban át kell gondolni azt a kérdést, hogy mivel lehetne kevésbé terhelni a környezetet úgy, hogy ökológiai és esztétikai (tájképi, településképi) szempontból kedvezőbbek, tájbaillesztettebbek legyenek, és emellett funkcionálisan (kivitelezés, üzemeltetés, fenntartás szempontjából) is megfeleljenek. Felmerül a kérdés, ha már egy szükséges létesítményről beszélünk, hogyan lehetne másodlagos funkcióval ellátni, többfunkcióssá tenni?

7.1 Takarófásítás, zajvédelmi célú erdőtelepítés

Az erdő, a fasor zajvédelmi funkciót csak igen ritka esetben tölt be, mivel hatásvédelem csak a telepítéstől számított 5-10 év múlva áll elő és az is csak akkor, amennyiben a szükséges feltételek (pl. szélesség) teljesülnek. A tervezésnél a fák növekedésének időigényére tekintettel kell lenni, hiszen időbe telik amíg a betelepített növényzet, védő erdősáv megnő akkorára, hogy megfelelően ellássa funkcióját. Az erdőtelepítéssel, mint zajvédelmi módszerrel csak abban az esetben lehet számolni, ha az út és a település között az erdő céljára a rendelkezésre álló terület szélessége (Bite 2016)

- autópálya esetén nagyobb mint 75 m,
- autótút esetén nagyobb mint 50 m.

A zajvédelmi erdőt úgy kell tervezni, hogy abban a növényzetnek olyan sűrűnek kell lenni, hogy az erdőbe 15 m-nél ne lehessen mélyebbre belátni; a növényzetet sávokba kell telepíteni (az út felé eső oldalon egyre sűrűbben ültetett elrendezéssel); sűrű aljnövényzettel kell rendelkezzen, valamint a közút felé eső részt ernyősen egymásba hajló növényzettel kell kialakítani. A kiegészítő záró lombos fasorok, ill. az aljnövényzet (bokrok) hiánya télen az alapvetően örökzöld erdősáv esetében is csak kis mértékben zajcsillapító hatású. Meg kell jegyezni, hogy városi környezetben az út mellé telepített zöldsávnak, fasornak stb. nincs zajcsökkentő hatása. (Bite 2016)



21. ábra Zajvédelmi célú erdőtelepítés (Forrás: <https://archi-monarch.com/acoustics-in-landscape/>)

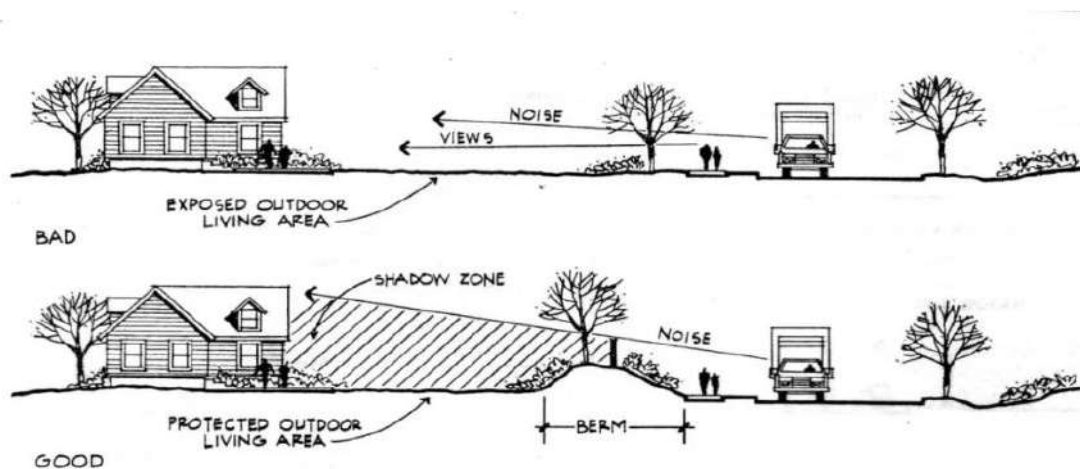
A fák, cserjék és más ültetvények zajcsökkentőként való hatékonysága azonban vita tárgyát képezi. Néhány következtetést azonban le lehet vonni: ([http11](http://11))

Az autópályák menti faültetések, erdőtelepítések hatása inkább pszichológiai. Azáltal, hogy az erdősáv miatt nem látható, a lakosság kevésbé fogja zavarónak érzékelni a közlekedési zajt. Az a tény, hogy az emberek nem látják az autópályát, csökkentheti a zajérzetet, még akkor is, ha a zaj megmarad. Az út menti fák formai elemként is használhatók az utca terének növelésére és a lakosok és a járókelők zaj okozta kellemetlenségek csökkentésére. (21. ábra) A

növények sokfélesége élőhelyet is teremthet a rovarok és madarak számára, elősegítve a biológiai sokféleséget az érintett területeken. (Haag, Kapp, Schene 2018)

7.2 Zajvédelmi domb/gát/töltés

A zajvédelmi célú dombok is alkalmasak zajárnyékolásra. Ezek a szerkezetek gyorsan felépíthetők, és bebizonyították hatékonyságukat a zajcsökkentő alkalmazásokban. (22. ábra) Talajerősítéssel és geotextíliával lehetővé teszi a növényzet növekedését és természetes növényi megjelenést biztosít a szerkezetnek, amely tovább fokozza a hatékonyságát. (http12)



22. ábra Zajvédelmi célú töltések működésének elve (Forrás: <https://archi-monarch.com/acoustics-in-landscape/>)

Minél magasabb a zajárnyékoló domb, annál több területre van szükség az építéséhez. A területigény miatt nem mindig a töltés a legpraktikusabb megoldás az autópályák mellett. Különböző technikákat kell alkalmazni a városokban, illetve a vidéki környezetben. (http 11)

Föld anyagú zajvédő dombok/töltések létesítése során biztosítani kell azok erózióval, illetve deflációval szembeni ellenálló képességét. Földművek védelmét hatékonyan szolgálja a környezeti adottságokhoz igazodó füvesítés, valamint fás szárú növények alkalmazása. Növényzet telepítése minden esetben feltételezi a termőföld terítést. (http1)



23. ábra Növénnyel telepített zajvédelmi töltés Németországban (Forrás <https://www.semanticscholar.org/paper/Noise-Barrier-Design-Danish-and-some-European-Bendtsen/e98493940ab7f8ec89cafde97720af7f8f62bca3/figure/41>)

A növények kiválasztásának legfontosabb szempontja: a növények környezeti tűrőképessége, habitusa és várható élettartama. Előnyt élveznek a mélyre gyökerező, szárazságtűrő fajok és kerülendőek az invazív, allergizáló, illetve törekeny ágszerkezettel rendelkező növények. Funkciójuk ellátása mellett kiemelt szempont a tájbaillesztés, illetve az esztétikai elvárások érvényesítése is. Növények alkalmazásával jelentős mértékben csökkenthető a műtárgy merev, tájidegen érzete. (http1)

7.3 Növénnyel kombinált zajárnyékoló falak

A „zöld”, növénnel kombinált zajárnyékoló falak innovatív és esztétikus megoldást jelentenek a közlekedési zaj negatív hatásának minimalizálására bel- és külterületen egyaránt. Ezek a falak a hatékony zajvédelmet a környezeti és esztétikai előnyökkel ötvözik, így a tervezés és a környezetvédelem egyik fenntartható eszköze. (http14)

A zöld zajárnyékoló falak egyik legfontosabb funkciója, hogy képesek elnyelni a zajt és ezáltal csökkenteni a zajterhelést. A növények és a zöldfelületek integrálásával a hang nem csak elnyelődik, hanem szóródik és visszaverődik, ami hatékony zajvédelmet eredményez. Ez nemcsak a lakosok életminőségének javulásához járul hozzá, hanem az egészséget is javítja, mivel az állandó közlekedési zaj bizonyítottan stresszt és egyéb egészségügyi problémákat okozhat. Emellett, a zöld zajvédő falak pozitív környezeti hatással is bírnak. A falakon lévő növények a szennyezőanyagok kiszűrésével és oxigéntermeléssel javítják a levegő minőségét. Ez támogatja az egészségesebb és kellemesebb klíma megteremtését. A növények sokfélesége élőhelyet is teremthet a rovarok és madarak számára, elősegítve a biológiai sokféleséget az érintett területeken. (http14)

Érdeemes azonban figyelembe venni, hogy rovarok, madarak számának növekedése az autópályák mentén balesetveszélyes lehet közlekedésbiztonsági szempontból. Gazdagabb növényvel futtatást vagy növényvel telepítést a zajfal védett oldala felől érdemes telepíteni.

A **védendő oldal szempontjából** esztétikailag a zöld zajvédő falak tetszetős alternatívát kínálnak a hagyományos, gyakran sűrke vagy tájidegen elemek helyett. A zöldfelületek városi környezetbe integrálása hozzájárul a városkép szépítéséhez, valamint kellemesebb és természetes felületeket teremt a lakók számára.

Ennél a típusnál két kategóriát különböztethetünk meg: a növényvel futtatott és a növényvel beültetett falak. A következő fejezetekben ezeket fogom bemutatni.

7.3.1 Növényvel futtatott zajárnyékoló fal

Ahol kevés a szabad hely, fontos a megfelelő zajvédelmi intézkedések megtétele, amelyek jól illeszkednek a környezetbe. Köszönhetően magas szintű környezeti kompatibilitásának, fenntarthatóságának, valamint funkcionalitásának és lakossági elfogadottságának, a tervezők, a tájépítésszek egyre gyakrabban támaszkodnak a növényvel futtatott rendszerekre. Ez az alternatív zajvédő megoldás ötvözi a vonzó esztétikai megjelenést, a környezettudatos konstrukciót és a műszaki követelményeket. A KOHLHAUER PLANTA® német cégcsoportnál a zajvédő falat intézetek tesztelték hangszigetelés, hangelnyelés, szélterhelés, fagy- és jégmentesítő sóállóság, tartósság stb. szempontjából. A tesztek eredményeképp kiemelhető:

- Kiváló hangelnyelő és nagy abszorpciós tulajdonságok mindkét oldalon;
- Mindkét oldalon kiterjedt ültetésre alkalmas
- A felhasznált anyagok 100%-ban újrahasznosíthatók
- Minden felhasznált anyag magas UV- és színtabilitása ([http15](http://www.kohlhauer.com/planta/))



24. ábra Növényvel felfuttatott zajárnyékoló fal KOHLHAUER cégcsoport kivitelezésében (Forrás: <https://www.kohlhauer.com/planta/>)

A kúszónövények kapaszkodó hajtásrendszerrel, vagy tapadókorongok segítségével képesek életteret nyerni az épített szerkezeteken. Ezért a növények megválasztásánál tekintettel kell lenni a szerkezet felületi tagoltságára. További növényalkalmazási szempont az adott faj fény, hő, levegő és talajnedvesség iránti igénye, amire az égtáji kitettség tekintetében kell figyelemmel lenni. Kiemelten fontos a szárazságtűrő, szélnyomásra nem érzékeny, alacsony, növekedésű lágú- és fásszárú növények választása. (http1)

7.3.2 Ültetőközeges zajárnyékoló fal

Az ültetőközeges zajárnyékolófalak olyan szerkezetek, amelyek szerves részét képezi a növénykiültetés. Európa-szerte kutatják és fejlesztik őket, különösen Hollandiában. Egyes korai típusnál számos okból nem bizonyultak kielégítőnek, például a karbantartás és az öntözés szükségessége miatt, de az újabb típusok megoldották ezeket a problémákat. Az öntözés és a karbantartás megnehezíti a típus alkalmazhatóságát. A tervezési célkitűzések teljesítésénél a megfelelő akadályt kell kiválasztani, és az egyidejű karbantartást a rendszer lényeges részének kell tekinteni. Az időszakos karbantartás szükségessége nem akadályozhatja ezt a választást. Természetesnek tűnő ültetőközeges fal alternatívát kínál a zajvédelmi dombok mellett. Ezeknek az az előnyük, hogy nem igényelnek egy dombhoz szükséges helyet, gyakorlatilag élő akadályt képeznek egy keskeny földszíven. Amellett, hogy kisebb területet vesznek igénybe, ezek a biológiai zajárnyékoló létesítmények élőhelyet teremtenek rovarok számára. (http16)

A tapasztalat azt mutatja, hogy sikeres megjelenése a következőktől függ:

- növényfajok kompatibilitása a talajviszonyokkal, éghajlati adottságokkal, légszennyezettséggel;
- tápanyagtartalom, savasság, sótartalom, szennyeződések, szervesanyag tartalom és vízelvezetés;
- megfelelő ültetési sűrűség;
- öntözés vagy öntözés biztosítása a növénytelepítés során a növények megeredéséig;
- öntözés és öntözés biztosítása száraz időszakokban;
- megfelelő növény fenntartási rendszer kialakítása, amely magában foglalja a gyomirtás, a metszés, a műtrágya kijuttatását és az elhalt növények pótlását.

A kategorizálás megkönnyítése érdekében az ültetőközeges zajárnyékoló falak négy általános típusra oszthatók, amelyek neve tükrözi a tervezés fő szerkezetét vagy elveit:

- A-keret és függőleges corten acél
- dobozfalú

- szövött-fűzfa
- máglyafalaz zajárnyékoló létesítmény. (http16)

7.4 Napelemes zajárnyékoló fal

Az autópályák mentén többféleképpen is elhelyezhetünk napelemeket. A kerítés és az útburkolat közötti sáv, illetve a csomópontok ágai közötti zöldterület helyet adhat a klasszikus, talajra szerelt naperóműveknek ott, ahol a műszaki lehetőségek és a biztonsági előírások ezt lehetővé teszik. (http17)

A másik lehetőség a vertikális felületek kihasználása. A panelek az elválasztó sávban, az autópályákat határoló kerítéseken, a zajvédő falakon, a felüljárók korlátain, és a kandalábereken is elhelyezhetőek. Erre a célra a legtöbb esetben kétoldalú napelemeket érdemes használni a minél nagyobb teljesítmény elérése érdekében. (http17)

Tájbailleszthetőség szempontjából vitatható a napelemes zajfal, azonban, ha olyan szempontból közelítjük meg, hogy ezzel a vízszintesen elhelyezett napelem parkok száma csökkenne és helyettük másodlagos funkcióval látunk el egy felületet, az esztétikailag és ökológia szempontból is jelentős előrelépés lenne.

Egy osztrák cég által gyártott Forster rögzítőelemével a zajvédő falak kétféleképpen is használhatók a megújuló áram előállítására. A FONOCON Silent Solar segítségével a meglévő zajvédő falak napelem modulokat utólag is fel lehet szerelni az új, megépítendő zajvédő falak pedig eleve „naperóműként” tervezhetőek. (http18)



25. ábra Utólag zajfalra felhelyezhető napelemes egységek az ausztriai Forster cégcsoport kivitelezésében
(Forrás: <https://www.forster.at/silent-solar>)

7.5 Zajvédelmi célú alagutak, utak lefedése

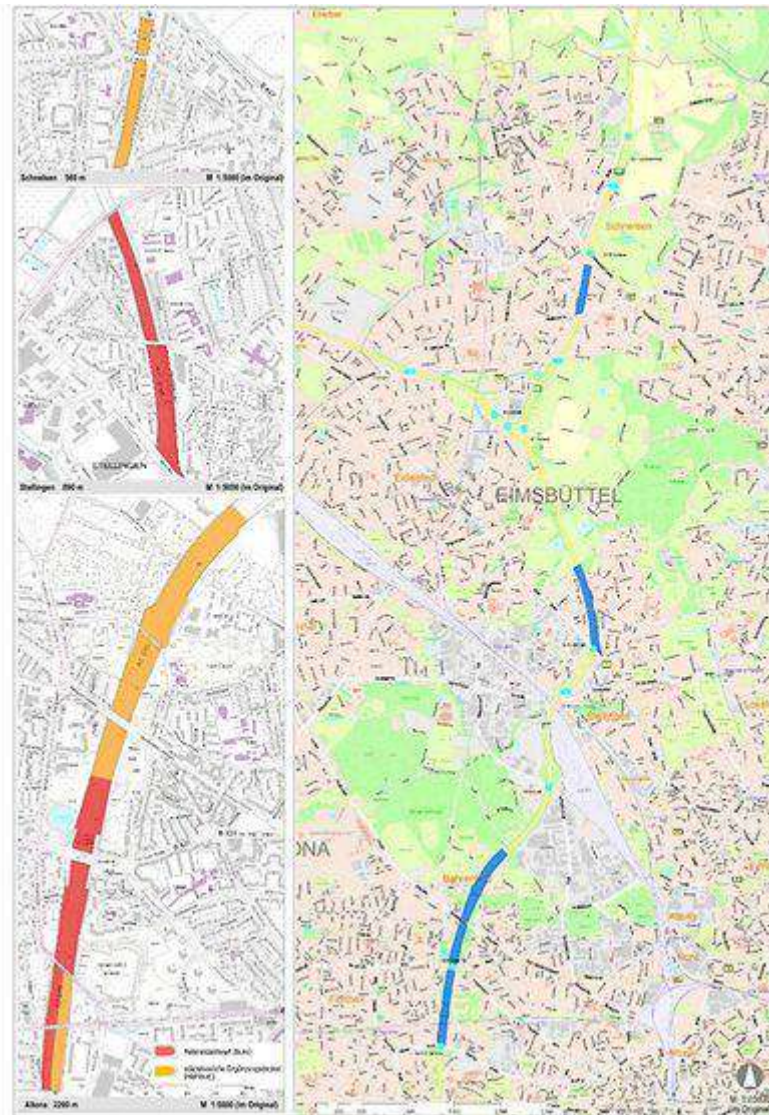
Zajvédelmi célból alternatíva még a sűrű beépítések mentén a meglévő utak lefedése, amelyek tervezése azonban sokkal összetettebb kérdés. Költségesebb, sok szakág együttműködése szükséges, kivitelezése bonyolult. Az alagutak felszínének hasznosítása is lehetővé válik "zöld tetőként". Azokon a szakaszokon, ahol az út bevágásban halad, a település részek elválasztása is csökken a földem terepszinten történő kialakításával.

Alapvetően két típus különböztethető meg elhelyezkedése szerint:

1. bevágásban haladó út befedése
2. terepszinten haladó út körbeépítése

7.5.1 Bevágásban haladó út befedése

Erre a megoldásra jó példa **A7 Tunnel Bindermichl-Niedernhart Ausztriában** és **Lärmschutztunnel A7 Hamburg-Altona** Németországban, amely Európa-szerte úttörő zajvédelmi projektnek minősül. Az A7-es bővítése feltétlenül szükségessé vált, hogy ne álljon le a távolsági forgalom, és biztosítva legyen a hamburgiak mobilitása. A projekt nehézsége volt, hogy az autópálya áthalad a városon, így a lakosok védelmében mindenképp újra kellett gondolni a zajvédelmet. Annak érdekében, hogy az autópályán megnövekedett forgalom ellenére is megbízhatóan meg lehessen védeni a környező területet a forgalom zajától, a zajárnyékoló falak, valamint a suttogó aszfalton kívül három zajvédelmi alagutat terveztek.



26. ábra A zajvédelmi alagutak elhelyezése elhelyezkedése az A7 autópálya vonalán Hamburgban
 (Forrás: <https://stadtundgruen.de/artikel/auf-35-kilometern-an-der-a7-entstehen-neue-gruenflaechen-kleingartenmanagement-am-projekt-hamburger-deckel-7014>)

A zajvédelem tervezésénél a műszaki-gazdasági szempontok mellett tervezési és városrendezési szempontokat is figyelembe vettek. Az alagútépítés lehetőséget kínált Hamburgnak, hogy leküzdje a város A7-es által okozott „megosztottságát”. Az alagúttetőket kertek és parkok kialakítására lehet használni. (http19)



27. ábra A vizualizáció az A7 zajvédelmi alagútjának lehetséges tervezését mutatja be a Schensen körzetben
(Forrás: <https://www.welt.de/regionales/hamburg/article125086831/Endlich-ein-Deckel-gegen-den-Laerm-fuer-die-A-7.html>)

7.5.2 Terepszinten haladó út körbeépítése

Zürich-Schwamendingenben az autópálya belvárosi szakaszát betonszerkezettel burkolják körbe egy olyan beavatkozás keretében, amely mind a várostervezés, mind a mérnöki tervezés szempontjából kihívást jelent. A nagyszabású városrekonstrukció új életminőséget hoz a zajtól szennyezett térségbe. Az úgynevezett “körbeburkolás” városi infrastruktúraelem és tájépítészeti objektum is egyben. A mintegy egy kilométer hosszú építmény tetején egy közpark létesül. Ez helyreállítja a megszakadt kapcsolatokat a kerületben, és a város egészét tekintve egy ökológiai hálózatot hoz létre a Zürichberg és a Glattal között, mint “táji híd”. Ennek a monolit tárgynak a puszta mérete testre szabott növényzetet igényel. Míg az oldalfalak szakaszonként vertikális kertként kerülnek beültetésre, addig a „tetőn” egy sétányszerű park jön létre, amely segítségével új városi horizontot nyit meg. A fák, cserjék és rétek új típusú városi jelleget hoznak létre a tetőn. A kanyargós ösvények nyitott tereket és kis fülkéket kötnek össze, és lépcsőkön keresztül kötik össze a parkot és a környéket. (http20)



28. ábra Látványterv Zürich-Schwamendingenben az autópálya belvárosi szakaszának körbeépítésér
(Forrás: https://krebsundherde.ch/media/2755_IMG_Visualisierung_Querschnitt.jpg)

7.6 Alternatív zajárnyékoló megoldások összehasonlítása tájba illeszthetőség

A külföldön alkalmazott alternatív zajárnyékoló fal típusok tájbailleszthetőség és anyagi vonzatuk szerinti összehasonlítására két összehasonlító táblázatot készítettem. Az egyikben a megjelenés szempontjából értékeltem az anyaghasználatot, színt, a megjelenést, a struktúrát és az ökológiai hatást (xxx táblázat). A cellák színezésével jelöltem, hogy melyik típusnak van több előnye (zöld), több hátránya (piros) vagy előny és hátrány is tartozik hozzá (narancssárga). A táblázat megállapításai az elemzés korábban leírt megállapításait foglalja össze.

Alternatív zajárnyékoló megoldások összehasonlítása tájbailleszthetőség szempontjából				
Zajárnyékoló fal típusa	Anyaghasználat, szín	Megjelenés	Struktúra, helyigény	Ökológiai hatás
Takarófásítás, zajvédelmi célú erdőtelepítés	növények, fák	természetközeli, tájbaillő	≈ 75 m	biológiai sokféleséget teremt
Zajvédelmi domb/gát/töltés	nagyobb mennyiségű föld, humusz, geoháló, növények/gyep	megfelelő kivitelezéssel és növénytelepítéssel természetközeli, tájbaillő	≈ 15 m	biológiai sokféleséget teremt, amennyiben megfelelővédelmet és növénytelepítést alkalmaztak
Növénnyel kombinált zajárnyékoló falak	növények és tartószerkezetük, amely többnyire nem látható	természetközeli, tájbaillő	≈ 2-5 m	biológiai sokféleséget teremt
Napelemes	fém, műanyag, üveg, elektromos vezetékek, napelempanelek	tájolástól függ, nem zavaróbb a hagyományos zajfalaknál	zajfalakkal azonos	csökkenthet a napelem parkok száma és területfoglalása (helyükön pl. természetközeli gyepek alakulhatnak ki)
Alagutak, autópályák lefedése	komplex építkezés	az autópályákat eltakarja, új terek jelennek meg az autópálya felett, ahol közösségi kerteket, parkokat lehet létrehozni	autópályával azonos helyigény	fragmentáció megszüntetése

4. táblázat Alternatív zajárnyékoló megoldások összehasonlítása tájbailleszthetőség szempontjából
(Forrás: Saját szerkesztés)

A táblázat alapján megállapítható a tájbailleszthetőség legtöbb előnnyel a növénnel kombinált zajárnyékoló falak rendelkeznek. Általánosan a legnagyobb problémát a helyigény okozza. Jelenleg az autópálya tervezésben csak a nagyon szükséges területek kerülnek kisajátításra, így ez a hazánkban a nagyobb helyigényű módszerek (pl. véderdő, zajvédő domb) alkalmazhatósága szempontjából egy komoly probléma. A legtöbb pozitív kritérium a zajvédelmi domboknál teljesül. Ha jó a növénytelepítés, tájbaillő megoldás lehet. Előnye az is, hogy felhasználható lenne az autópályák építésénél keletkező humuszmennyiség. Megjelenés szempontjából több pozitívum lenne a legtöbb kategóriában, hiszen ezeknek az alternatív megoldásoknak többek között az a célja, hogy minél jobban tájbailleszthetőek legyenek, és minél több "zöld" megoldással szolgáljanak. Ökológiai szempontból is többnyire mindegyik megoldásnak vannak előnyei

7.7. Alternatív zajárnyékoló megoldások összehasonlítás anyagi vonzatuk alapján

A következő 4. táblázatban azt vizsgáltam, hogy az esztétikai, tájbaillesztési szempontokon kívül milyen egyéb szempontok befolyásolják az alternatív zajárnyékoló falak alkalmazását. Figyelembe vettem az építési költséget, az üzemeltetési költséget, a fenntarthatóságot, illetve az élettartamot. A színjelölés a korábbi táblázathoz hasonlóan történt: van több előnye (zöld), több hátránya (piros) vagy előny és hátrány is tartozik hozzá (narancssárga). A táblázat az elemzés korábban leírt megállapításait foglalja össze.

Alternatív zajárnyékoló megoldások összehasonlítása anyagi vonzatuk szempontjából				
	Építési költség	Üzemeltetési költség	Ökológiai fenntarthatóság	Élettartam
Takarófásítás, zajvédelmi célú erdőtelepítés	viszonylag olcsó	erdészeti módszereket igényel	hosszútávon önfenntartó	hosszú
Zajvédelmi domb/gát/töltés	viszonylag olcsó	kaszálási költségek	időtálló, kevés fenntartást igényel	hosszú
Növénnyel kombinált zajárnyékoló falak	drága	öntözési költségek, rendszeres zöldfelület fenntartás	az épített elemek fenntarthatóságáról nincs adat	kezeléstől függ
Napelemes	drága	műszaki fenntartás, napelemek tisztán tartása	többfunkciós használat előnyt jelent, megújuló energiatermelés	kezeléstől függ, idővel panelek cseréje
Alagutak	extrém drága	műszaki fenntartás, felszínen zöldfelület fenntartás, takarítás, építmény tisztán tartása	Időtálló, hosszú távra tervezett	hosszú

5. táblázat Alternatív zajárnyékoló megoldások összehasonlítása anyagi vonzatuk szempontjából (Forrás: Saját szerkesztés)

A táblázat alapján megállapítható, hogy a legtöbb pozitívummal a zajvédelmi dombok rendelkeznek. Az üzemeltetési költség értékelésénél figyelembe kell venni, hogy folyamatos üzemeltetést igényel, vagy idővel beállhat egy önfenntartó rendszer. Ebből a szempontból a legtöbb ráfordítással a zajvédelmi célú alagutak járnak, amelyek folyamatos műszaki fenntartásokat igényelnek baleset biztonság szempontjából is, illetve számot tevő az alagút felszínén létesülő parkok üzemeltetési igénye, ugyanakkor a hozadékuk is a legtöbb. Ökológiai szempontból a legelőnyösebbek a dombok, a napelemes zajfalak valamint az alagutak. A napelemmel kombinált zajárnyékoló falak több funkciót is ellátnak és megújuló energiát

termelnek, amely ráfordítható az autópálya üzemeltetésére. Élettartam szempontjából több előnnyel szolgálnak az alternatív megoldások az anyag használatból eredendően is. A napelemes zajfalaknál idővel szükséges a celláknak vagy a paneleknek a cseréje.

8. Innovatív zajárnyékoló megoldások szakmai megítélése - interjúk

A szakdolgozatom talán legfontosabb pontja a zajgátló falak megítélésével kapcsolatos szakmai álláspontoknak az elemzése. 2024 február és április között alatt 11 szakemberrel készítettem interjút, akik között volt tervező, kivitelező, kezelő és gyártó. Az interjúban feltett kérdéseket két részre lehet bontani: Az első felénél minden interjúalanyunk ugyanazokat a kérdéseket tettem fel a magyarországi zajvédelmi megoldásokkal kapcsolatban, illetve szakmai véleményt kértem az általam bemutatott innovatív megoldásokról. Az interjú második felében a különböző szakirányokra (tervezés, kivitelezés, üzemeltetés, gyártás) vonatkozó kérdéseket tettem fel.

A megkeresett szakemberek mind segítőkészek voltak és érdekes volt belelátni a különböző szakterületekbe és azok szempontjaiba.

8.1 Tervezői álláspont

Három tervezővel készítettem interjút. Az **Unitef'83 Zrt** Környezetvédelmi irodájának képviseletében Cseppely Nóra okl. tájépítész- és környezetmérnök és Endrődi Péterrel agrármérnök és környezetgazdálkodási szakmérnök, zajvédelmi szakértő, valamint az **EnviroPlus Kft**-től Muntág András zajvédelmi szakértővel.

A megkérdezettek a hazánkban használt zajárnyékolási technikák hátrányaként főként a zajfalak külső megjelenését említették. A tervezés során több próbálkozás is van az innovatívabb megoldások bemutatására, azonban azok általában megbízói vagy üzemeltetési szempontból nem elfogadottak. A zajvédelmi célú alagúthoz hasonló terveket nem látták reálisnak, hogy megvalósuljon hazánkban, azonban a kisebb területeken reálisnak értékelték akár a növényvel futtatott, vagy a napelemmel beépített zajfalak gondolatát.

8.2 Kivitelezői álláspont

SW Umwelttechnik Magyarország Kft. képviseletében Dévényi György Közlekedésépítési üzletágvezető

A kivitelezésnél minden esetben a legfontosabb kérdés, hogy milyenek a terepadottságok és mekkora hely áll rendelkezésre a zajárnyékoló műtárgyak megépítése. Az

autópálya építési projektek végén, amikor a zajárnyékoló falak kivitelezésére kerül sor, már elfogynak a források, csak kevés anyagi forrás jut a zajvédelemre, így a tervezők, illetve kivitelezők kénytelenek anyagi forrás hiányában a legolcsóbb, legegyszerűbb megoldásokat alkalmazni. Ez a körülmény korlátozza a kivitelezőket, hogy olyan alternatív zajárnyékolási műtárgyakat építsenek, amelyek jól funkcionálnak, a szabványoknak megfelelnek, időtállóak, biztonságosak és esztétikusak, azaz tájbaillesztettek, továbbá ökológikusak. A kivitelezési szempontok prioritási sorrendjében a falak esztétikussága, valamint a tájbailleszhetőség kerül leghátra.

8.3 Üzemeltetői álláspont

Magyar Közút Nonprofit Zrt-nél interjút tudtam készíteni a Központi Üzemeltetési és Fenntartási osztály képviselőjében Lőrinczi Bálint útkörnyezet-gazdálkodási csoportvezetővel, Fodor István üzemeltetés-fenntartási vezető mérnökkel és Gulyás István László útkörnyezet-gazdálkodási mérnökkel, valamint az Országos Közúti Adatbank osztály képviselőjében Hegedüs Máté adatbanki főmunkatárssal.

A **Koncessziós Infrastruktúra Fejlesztő Zrt.** képviselőjében Klementi Gábor M1 autópálya Bicskei mérnökség mérnökségvezetője, Bitaróczy Tamás M7 autópálya Martonvásári mérnökség mérnökségvezetője adott választ a kérdéseimre.

Üzemeltetési szempontból azt tapasztaltam, hogy a sok ismeretlen tényező miatt kisebb a lelkesedés az innovatívabb megoldásokkal kapcsolatban. Vannak törekvések fejlesztésre és újításokra, azonban nagyobb léptékben nehéz átlátni, hogyan valósulhatna meg az üzemeltetés szempontjából.

8.4 Gyártói álláspont

A **Leier cégcsoportot** Major Tamás mélyépítés, környezettechnika vasútépítés, Durisol üzletágvezető képviselte.

Gyártási szempontból nagy a lelkesedés az új megoldások felé. A külföldi fejlesztéseket figyelemmel követik, illetve van már több innovatívabb megoldás, amik már ki vannak fejlesztve. Az akadály többnyire a beruházók anyagi forrása, illetve a ragaszkodás a “jól bevált” módszerekhez.

Major Tamás az interjú alatt kihangsúlyozta, hogy támogatják, illetve “reklámozzák” a növényel kombinált zajárnyékoló falakat is, amelyek kompatibilisek az általuk gyártott elemekkel is, azonban külföldön erre eddig nagyobb kereslet van.

8.5 Szakmai nézőpontok összehasonlítása

A következő táblázatban összefoglalom, hogy az interjúk alapján, mi a megítélése a különböző szakterületeknek az innovatív zajvédelmi megoldásokról. A táblázatban a zöld szín jelöli a teljes mértékű támogatást, a narancssárga szín a fenntartásokkal támogatást és a piros szín a jelöli azokat a az elemeket, amiket nem támogatnak az interjúk során megkérdezett szakértők.

Alternatív megoldások megítélése szakterületek alapján				
	Tervező	Üzemeltető	Gyártó	Kivitelező
Növénnyel kombinált	Üzemeltető nem vállalja, Városi környezetben	Támogatná	Alkalmasak a jelenlegi szerkezetek növény felfuttatásra	Jó megoldás, de nincs elegendő hely, drága
Napkollektoros	Városi környezetben, pihenőhelyeken elképzelhető	Nagy volumenben a pályáknál nem működőképes. Lakott terület mellett jó megoldás lehet	Támogatná	Nem életszerű, teljes újra tervezést igényel
Alagutak	Túlmutat a zajcsökkentésén.	Támogatja, de teljesen ismeretlen hibák léphetnek fel, amikre nincsenek felkészülve	„Erre lenne szükség”	„Magyarországi léptékben felfoghatatlan”
Gabion	A jelenlegi zajszennyezéshez túl magas falak szükségesek, amiket nem lehetne gabionból megoldani	Nincs szükség karbantartásra	Esztétikailag és funkcionálisan jó, hosszútávú megoldás, drága	Inkább támfal. Helyigényes a kivitelezés, nagy munkaerő igényű az építése

6. táblázat Alternatív megoldások megítélése szakterületek alapján

A szakterületek véleményeinek az összehasonlítása egy nagyon komplex feladat volt, hiszen mindegyik félnek meg van a saját prioritása, amelyeket nehéz összeegyeztetni egymással. A tervezők többnyire fenntartásokkal kezelték az alternatív megoldásokat. Tapasztalataik alapján az beruházó és az üzemeltető nem vállalja a nagyobb szabású “zöld” terveket, ezért ők egy alternatív megoldással kapcsolatban nem tudják figyelmen kívül hagyni a korábbi negatív tapasztalatokat. A zajszennyezés mértéke egyre nagyobb, így egyre nagyobb, magasabb falak megépítése szükséges, amelynél fontos kérdés, hogy milyen anyagból dolgoznak (azaz a magasság korlátozza pl. a zajvédő dombok alkalmazását). A gabionfalak

megépítése azért nem kap támogatást, mert nem tudnak statikailag akkora falakat tervezni, amelyek megvalósulás esetén is biztonságosak lehetnének.

Üzemeltetői oldalról nyitottak lennének az alternatív megoldásokra, ha lenne megfelelő tájékoztatás vagy egy már működő műtárgy, amellyel kapcsolatban vannak tapasztalatok. Ezen a ponton felhívnám a figyelmet arra, hogy a korábban említett tervezői nézőpont szerint a tervezők tartanak az üzemeltetők elutasításától, noha az üzemeltetőkkel történt interjúkból az derült ki, hogy az üzemeltetők többnyire nyitottak lennének a fentebbi innovatív megoldásokra.

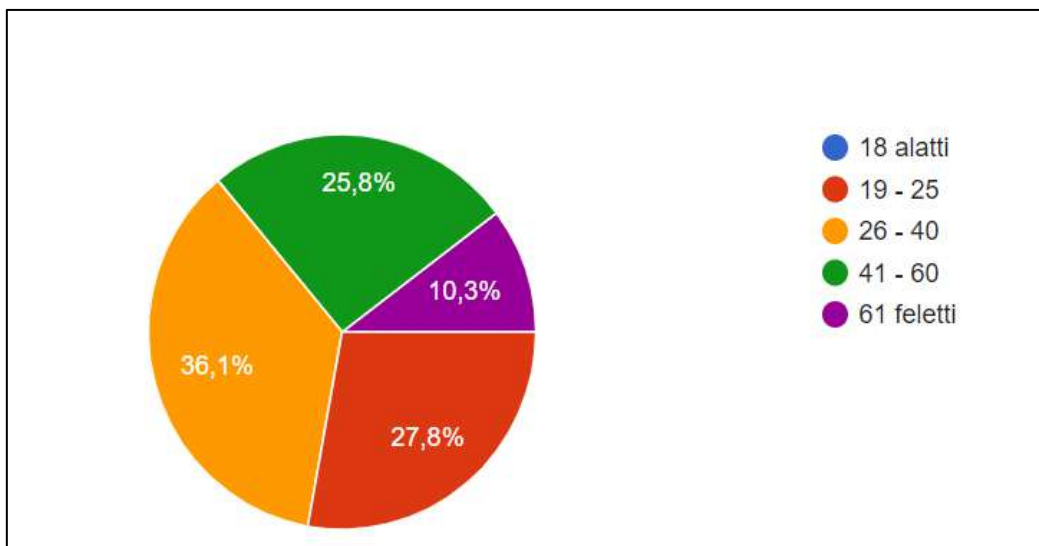
Legnyitottabb a gyártói oldal volt az innovációkra, akinek külföldi zajvédelemmel is van kapcsolata. A gyártó, akivel beszéltem, több aktív kapcsolattal is rendelkezik külföldön, ahol már alkalmaznak innovatívabb megoldásokat, tehát fel vannak készülve az “újításra”. Azonban meglátásuk szerint a hazai rendszerbe még nehezen beilleszthetőek a szabványok és szabályozások miatt.

Gyártói szempontból nem elhanyagolható, hogy a végét látják a folyamatoknak mikor már az anyagi támogatás szűkebb. Ez a tapasztalat befolyásolja a véleményüket miszerint fenntartásokkal kezelendők az alternatív megoldások, mint pl. növényel kombinált zajárnyékoló falak és a zajvédelmi célú alagutak. Nem támogatják a gabionfalakat, mert a megépítésük hatalmas munkával jár, valamint a napelemmel kombinált falaknál olyan elektronikai hálózatra lenne szükség, amely magyar viszonylatban nem életszerű.

9. Zajárnyékoló falak megítélése a lakosság szemszögéből

A dolgozatomban azt is vizsgálom, hogy mi a véleménye a lakosságnak a védett oldal és a közlekedésben résztvevő oldal irányából. Ehhez egy tizenkilenc kérdésből álló online kérdőívet készítettem Google Űrlap segítségével, amelyet különböző közösségi oldalakon hirdtettem meg 2024 márciusában 1 hónap alatt 97-en töltötték ki az ország több tájáról.

A kérdőívnek az első felében általános kérdéseket tettem fel. A 21. ábrán láthatjuk, hogy a válaszolók nagy része (36,1%) 26 és 40 év közötti, majd ezt követi a 19-25 év közöttiek (27,8%), 28,8% a 41-60 év közöttiek, majd végezetül 10,3% a 60 év feletti korosztály aránya. 18 év alatti nem töltötte ki a kérdőívet. Ez valószínűsíthetően azt is jelentheti, hogy nincs véleményük még a témáról és nem keltette fel az érdeklődésüket a kérdőív címe.



29. ábra A kérdőívet kitöltők életkorának megoszlása (saját szerkesztésű ábra Google Forms felhasználásával)

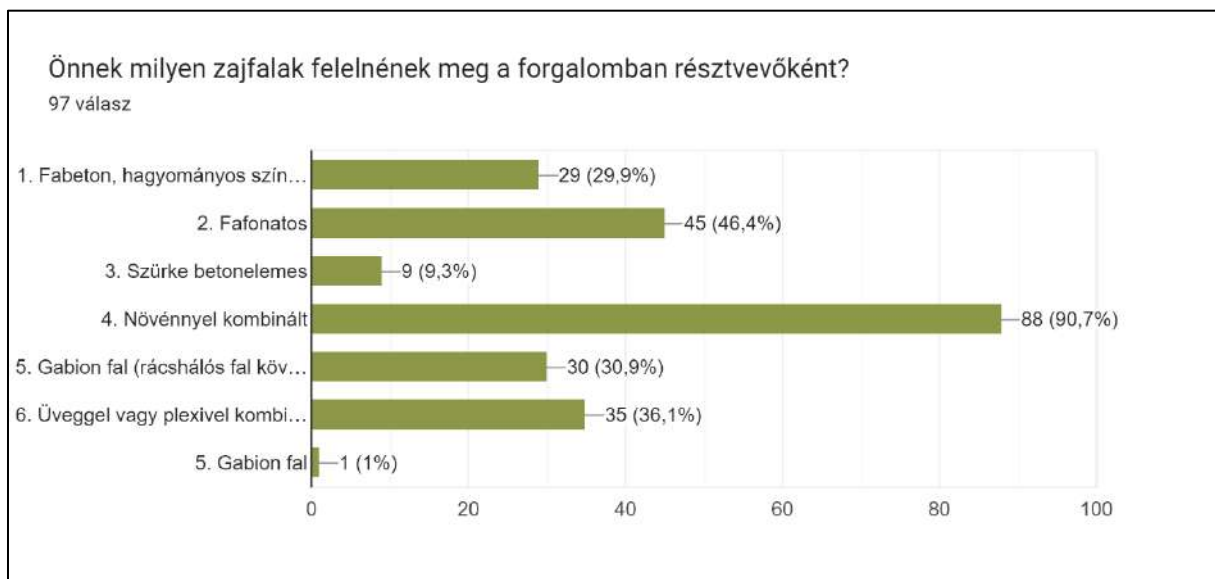
A kitöltőknek több mint 60%-a találkozik zajárnyékoló falakkal a mindennapjaik során lakóhelyei közelében, munkahelyeik közelében vagy a közlekedési útvonalakon. A válaszolók 6% -át nagymértékben, 49%-át kismértékben zavarja a zajfal látványa.

A kérdőívben foglalt kérdéseket a melléklet tartalmazza.

9.1 Hagományos módszerek megítélése laikus szemmel

A kérdőívben feltettem a kérdést, hogy miért zavarja a zajárnyékoló falak látványa az érintetteket. A felmérés alapján a legtöbben (53,4%) a „szürke és rideg” kategóriát választották, azonban hasonlóan zavarónak találták a csúnya színezést (36,2%), az elöregedett műtárgyakat (29,3%), valamint a karbantartás hiányát (32,8%). A kérdezők közel 40% szavazott arra, hogy “bezártság érzete” lesz a falaktól, amelyek tömör hatást keltenek. Ez alapján megállapítható, hogy főleg esztétikai problémák merülnek fel a zajfalakkal kapcsolatban, azonban fontos megemlíteni, hogy fontos pszichológiai hatásuk is van.

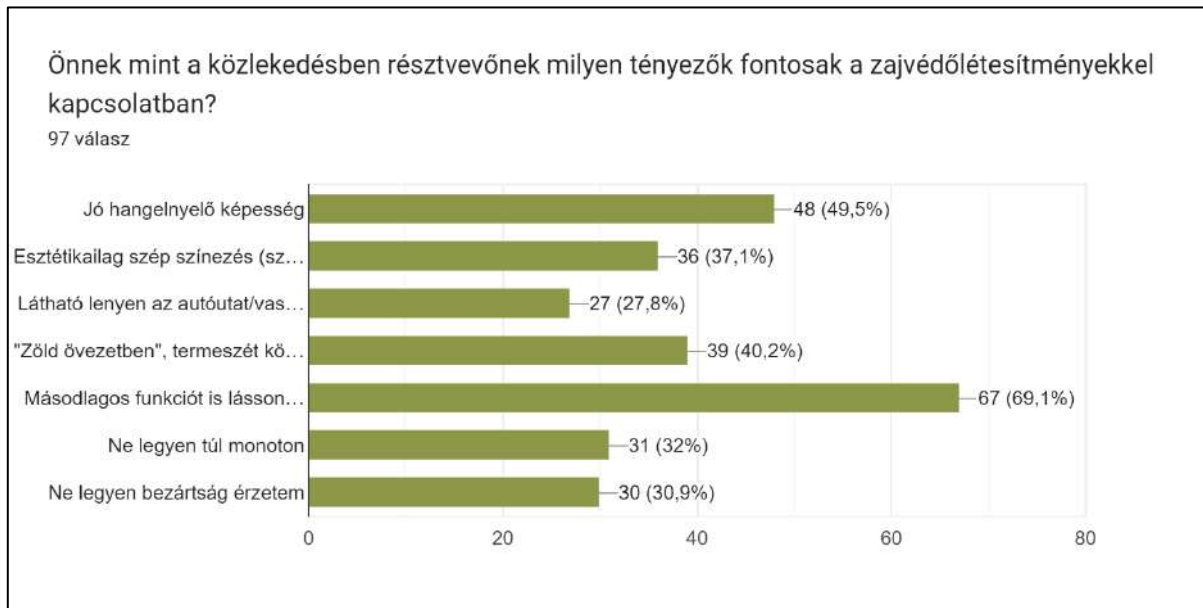
A kérdőív következő részében azt vizsgáltam, hogy a zajfal két oldala szempontjából, hogyan vélekednek, milyen típusokat részesítenének előnyben, illetve milyen tényezők fontosak számukra (30. ábra). **Közlekedésben résztvevőként** a leginkább a növényvel kombinált falakat jelölték meg amiket szívesen látnának (90,7%), majd a fafonatos falakat (46,4%). Meglepő, hogy legkevesebben (30,9%) a gabion falakat látnák szívesen. Arra a kérdésre, hogy a közlekedésben résztvevők számára milyen tényezők a legfontosabbak, azt jelölték meg a kitöltők, hogy a zajfal töltsön be másodlagos funkciót, amely lehet megújuló energiatermelés, légszennyezés csökkentése vagy zöldfelületek növelése valamilyen módon.



30. ábra Lakossági kérdőív eredményei: Zajfal típusok lakossági megítélése a forgalomban résztvevők szemszögéből (saját szerkesztésű ábra Google Forms felhasználásával)

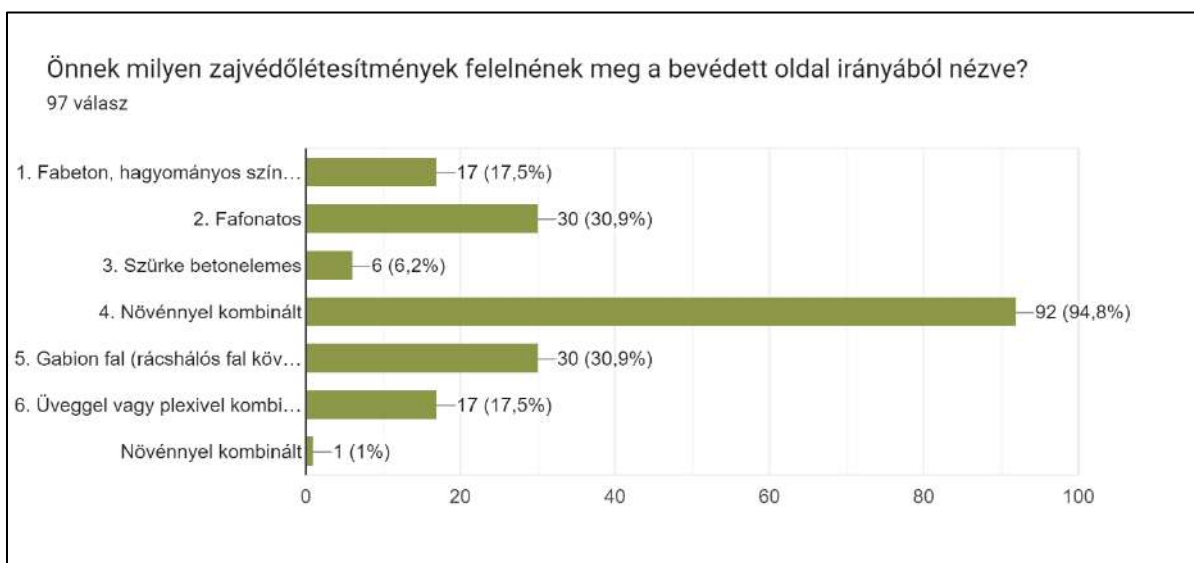
Fontossági tényezők szerint (31. ábra) a legtöbb kitöltőnek (69,1%) a **közlekedésben résztvevő** szempontjából a másodlagos funkciók ellátása volt a legfontosabb, majd a jó hangelnyelő képesség (49,5%). Nagyságrendileg azonos fontosságba sorolták az esztétikailag szép színezést (37,1%), a természetközeli megjelenést (40,2%), hogy ne legyen monoton (32%) valamint, hogy ne legyen bezártságérzete a járművezetőknek közlekedés közben.

Legkevesebben (27,8%) azt az opciót jelölték meg, hogy látható legyen a fal túlsó oldalán lévő terület.



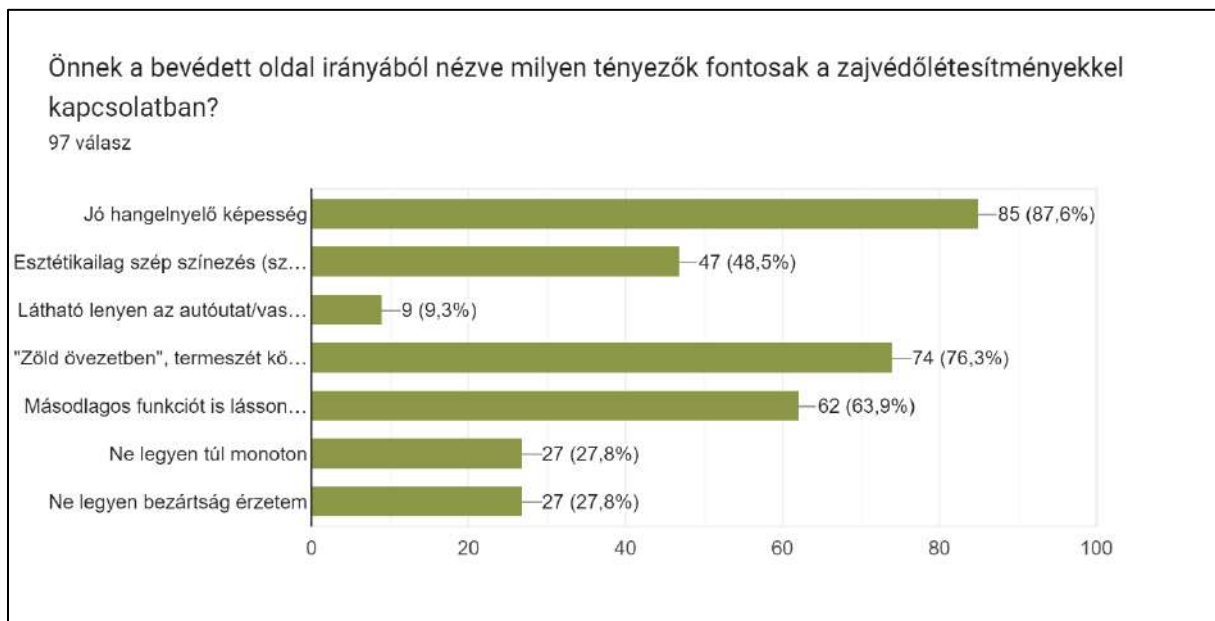
31. ábra Lakossági kérdőív eredményei: Zajfalakkal kapcsolatos tényezők lakossági megítélése a forgalomban résztvevők szemszögéből (saját szerkesztésű ábra Google Forms felhasználásával)

A védett oldal szemszögéből (32. ábra) legtöbben (94,8%) a növényel kombinált falakat részesítenék előnyben, majd a válaszadók 30,9%-a a fafonatosat és 30,9%-a a Gabion falakat. A legkevesebben (6,2%) a szürke betonelemes falakat jelölték meg. Tényezőként magasan a legfontosabb a jó hangelnyelő képesség (87%) és hogy „zöld övezetben”, természetközeli érezzék magukat a lakók (76,3%). Emellett még sokak számára fontos, hogy másodlagos funkciót lásson el a fal (63,9%), valamint esztétikailag szép színezése, mintázata és állapota legyen (48,5%).



32. ábra Lakossági kérdőív eredményei: Zajfal típusok lakossági megítélése a védett oldal szemszögéből (saját szerkesztésű ábra Google Forms felhasználásával)

Fontossági tényezők szerint a kitöltők többségének (85,6%) a **bevédett oldal szempontjából** (33. ábra) a jó hangelnyelő képesség volt a legfontosabb, majd, hogy természetközelenben érezzék magunkat (76,3%). A többség számára fontos az esztétikailag szép színezés (48,5%) valamint, hogy a zajfal másodlagos funkciót is ellásson (63,9%). Ugyanannyian jelölték meg (27,8%), hogy ne legyen túl monoton a zajárnyékolófal, valamint, hogy ne legyen bezártság érzetük a védett oldalon. A legkevesebben (9,3%) azt tartják fontosnak, hogy lássák a fal túlsó oldalán lévő autópályát, utat, vasutat.



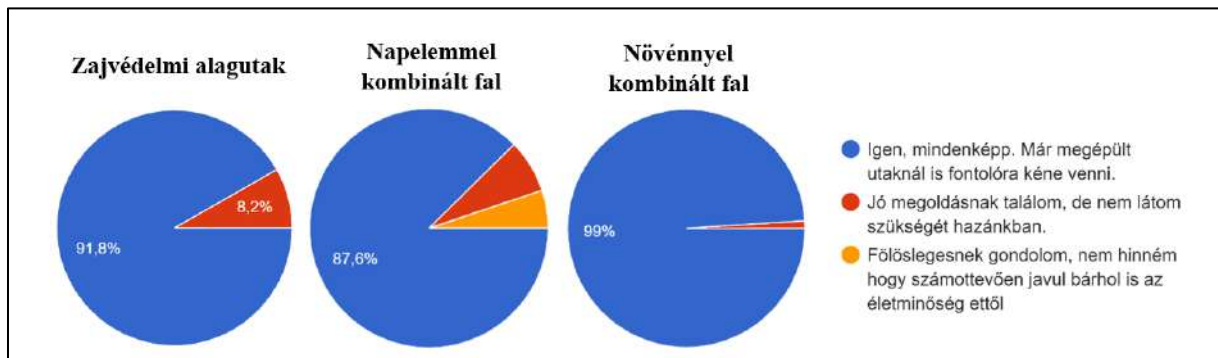
33. ábra Lakossági kérdőív eredményei: Zajfallakkal kapcsolatos tényezők lakossági megítélése a védett oldal szemszögéből (saját szerkesztésű ábra Google Forms felhasználásával)

Összehasonlítva a védett oldal és a közlekedők szemszögéből arányaiban hasonló válaszok érkeztek a zajfal anyagát illetően. A funkciók szempontjából a nagy különbség, hogy a közlekedők át szeretnének látni a falakon, miközben a védett oldal felőliek nem szeretnék látni a közlekedést. Ugyanakkor a védendő oldalon lévők szemszögéből nagyobb hangsúlyt kapott, hogy természetközeli környezetben szeretnék magukat érezni a hétköznapiakban.

9. 2 Innovatív módszerek megítélése laikus szempontból

A kérdőívem harmadik felében képekkel és egy rövid leírással bemutattam az innovatívabb zajárnyékoló fal megoldásokat és hogy milyen lehetőségek vannak ehhez kapcsolódóan. A példák között voltak a zajvédelmi célú alagutak, a napelemmel kombinált zajfalak, valamint növényekkel kombinált zajfalak. A kitöltőknek feltettem a kérdést, hogy találkoztak-e hasonlóval. Ha igen hol? Valamint szívesen látnák -e ezeket a megoldásokat hazánkban is?

A válaszadók többsége (több mint 60%) korábban nem találkozott a bemutatott példákkal, azonban mindhárom esetben több mint 80 %-a szívesen látná hazánkban is ezeket az innovatív megoldásokat.



34. ábra Lakossági kérdőív eredményei: Az innovatív módszerek igényének összehasonlítása (saját szerkesztésű ábra Google Forms felhasználásával)

A kérdőíves megkérdezés eredményei alapján megállapítható, hogy a válaszadók túlnyomó része fontosnak tartaná a zajvédelem mellett a zajfalak tájbaillesztettségét, kedvező településképi megjelenését és nyitott lenne új, alternatív zajárnyékoló fal megoldások iránt.

10. Összefoglalás

A szakdolgozatomban az autópályák menti zajvédelmi létesítmények tájbaillesztési módszereivel foglalkoztam. Előzetes hipotézisem szerint Magyarországon nem fektetnek megfelelő hangsúlyt a zajárnyékolási objektumok/műtárgyak tájbaillesztésére, illetve ritka az innovatív, zöld megoldások használata. A téma aktualitását az adja, hogy nemzetközi és hazai szinten is egyre több autópálya épül, egyre nagyobb a forgalom és ebből következően fokozódik a zajterhelés. Ezért felmerül a kérdés hogyan lehet védekezni úgy a közlekedési zaj ellen, hogy ne egy tájidegen objektumot lássunk az utak mentén.

A vizsgálatokat egy országos helyzetfeltárással kezdtem, amelyhez a Magyar Közút Nonprofit Zrt. Közúti szolgáltató Igazgatóságtól kaptam térinformatikai adatszolgáltatást. Megállapítható, hogy a Magyarországon alkalmazott zajárnyékoló falak szűk körét alkalmazzák, többnyire a hagyományosnak számító beton, fabeton és fafonatos falakat. Az alkalmazott típusok kiválasztásánál a leginkább meghatározó tényező az anyagi forrás, valamint a rendelkezésre szolgáló terület, mivel a helyigénynek szintén vannak költségvonzatai. A tájbaillesztési szempontok háttérbe szorulnak hazánkban.

A helyzetfeltárással áttekinthető térképet készítettem az autópályákon megtalálható zajárnyékoló falakról, amely segítségével részletesebben elemeztem az M0 körgyűrű és az M5 autópálya nyomvonalán található zajvédelmi létesítményeket. Street Viewer segítségével monitoroztam végig és egészítettem ki, pontosítottam a Magyar Közút Nonprofit Zrt által adott adatbázist. A térképes és táblázatos adatok alapján átfogó országos vizsgálatot készítettem. A külföldön alkalmazott innovatív megoldások bemutatását internetes kutatásokra alapoztam, amelyeket egységes szempontrendszer alkalmazásával értékeltem tájbailleszthetőség és anyagi vonzatuk szempontjából. A megállapításaimat táblázatos formában foglaltam össze.

A dolgozatomban fontos pontjának találom, hogy szakmai interjúkat és lakossági közvélemény kutatást végeztem. A hazánkban alkalmazott hagyományos és a külföldi innovatív zajárnyékoló szakmai megítélésének feltárása céljából felkerestem tervezőket, kivitelezőket, üzemeltetőket és gyártókat. Az interjúk során arra kerestem a választ, hogy miért nem terjedtek el az innovatív megoldások Magyarországon. A szakmai interjúk eredményeképpen megállapítható, hogy többségében támogatják az alternatív megoldásokat és érzékelik az érintett felek, hogy szükség lenne változtatásra, amelyet támogatnának is. Azonban

amíg hazánkban nem érzékelik a döntéshozók azt a tényt, hogy ezekre a változtatásokra szükség van, addig nem történhet nagyobb előrelépés.

A lakossági közvélemény kutatás során a kérdések arra irányultak, hogy hogyan vélekednek az emberek a hagyományos és az innovatív megoldásokról, illetve mennyire lennének nyitottak a fejlesztésre. A kérdőívet kitöltők (közel 100 fő) véleményei alapján egyértelmű, hogy a lakosság szívesen látna “zöldebb” megoldásokat hazánkban, mint az közlekedésben résztvevő, mint a védendő oldalon élő egyaránt.

Mindezek alapján kijelenthető, érdemes foglalkozni a külföldön már alkalmazott tájbaillő zajárnyékoló fal megoldásokkal és átgondolni azt, hogy ezek hazánkban, hogyan lehetne alkalmazni.

Használt irodalomjegyzék

Irodalomjegyzék

- Bite 2016: Bite Pálné dr. Pálffy M. (2016): *A közlekedési zaj figyelembevételének szabályai, számítása és a zaj csillapításának módjai*. Magyar Mérnöki Kamara, Budapest. 91 p.
- Haag, Kapp, Schene 2018: S. Haag, R. Kapp, T. Schene (2018): *Städtebauliche Lärmfibel Hinweise für die Bauleitplanung*. [on-line] Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg, Stuttgart. – URL (<https://www.staedtebauliche-laermfibel.de/?p=0>) – [2024. április 24.]
- Tancsik 2013: Tancsik G. (2013): *A zaj, a zajvédő falak széles skálájának bemutatása, majd azok alkalmazása hazai példákon*. BME Út és Vasútépítési Tanszék, Budapest. 70p.

Jogszabályok, szabványok

- http1: *Közúti zajárnyékoló építmények és madárvédő falak építése, fenntartása* *Ütügyi Műszaki Előírás/ e-UT 03.07.47:2021*. [on-line] – 2021– URL (<https://ume.kozut.hu/dokumentum/1312#&gid=1&pid=5>) – [2024. április 24.]
- http2: 284/2007. Korm. rendelet: 284/2007. (X. 29.) *Korm. rendelet a környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól*
- http22: *Természetvédelmi Információs Rendszer (TIR)*. Agrárminisztérium Természetmegőrzési Főosztály. [on-line] – URL ([OKIR - Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer • Természetvédelem \(TIR\)](#)) – [2024. április 24.]

Internetes források

- http3: *Különleges zajelnyelő képességű falak a Leiertől.* [on-line] – 2011 – Építő - Szakmai katalógus – URL (<https://www.epinfo.hu/?searchType=actId&id=818>) – [2024. április 24.]
- http4: *Pro-acoustic recycled noise barrier.* [on-line] – Procter Contracts– URL (<https://www.proctercontracts.co.uk/product/acoustic-fencing/pro-acoustic/>) – [2024. április 24.]
- http5: *Lärmschutzwand aus Glas.* [on-line] – [k]nord GmbH – URL (<https://www.knord.com/laerschutz/laerschutzwand-aus-glas/>) – [2024. április 24.]
- http6: *Lärmschutzwände aus Glas.* [on-line] – Süßmann AG – URL (<https://www.suessmann.ch/schallschutz/aussenbereich-verkehrslaerm/laerschutzwaende-aus-glas/>) – [2024. április 24.]
- http7: *DURISOL zajárnyékoló fal.* [on-line] – Leier – URL (<https://www.leier.hu/hu/termekek/durisol-zajarnyekolo-falpanel>) – [2024. április 24.]
- http8: *Lärmschutz-Gabione.* [on-line] – Nacken GmbH – URL (<https://www.nackensteisslingen.de/laerschutz>) – [2024. április 24.]
- http9: *Antonia Eigel: Lärmschutzwand im Garten: Effektiver Lärmschutz für Garten und Terrasse.* [on-line] – Wohnglück – URL (<https://wohnglueck.de/artikel/schallschutz-terrasse-garten-verkehrslaerm-36249>) – [2024. április 24.]
- http10: *Effektiver Lärmschutz mit Gabionen.* [on-line] – HOY Geokunststoffe GmbH – URL (<https://hoy-geokunststoffe.de/laerschutz-mit-gabionen/>) – [2024. április 24.]
- http11: *The Audible Landscape: A Manual for Highway Noise and Land Use.* [on-line] – U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration – Washington – URL (https://www.fhwa.dot.gov/ENVIRONMENT/noise/noise_compatible_planning/federal_approach/audible_landscape/al01.cfm) – [2024. április 24.]
- http12: *Noise mitigation.* [on-line] – Terre Armée – Rueil Malmaison (France) – URL (<https://www.terre-armee.fr/en/reinforced-earth/noise-mitigation/>) – [2024. április 24.]

- http13: *Acoustics in landscape*. [on-line] – Archi-Monarch – URL (<https://archi-monarch.com/acoustics-in-landscape/>) – [2024. április 24.]
- http14: *Grüne Lärmschutzwände unterstützen die Schadstoffbindung*. [on-line] – Helx Plant Systems GmbH – URL (<https://www.helix-pflanzensysteme.de/gruene-laermschutzwaeende/>) – [2024. április 24.]
- http15: *Kohlauer planta. Begrünbare, anpassbare lärmschutzlösung für jedes Umfeld*. [on-line] – R. Kohlauer GmbH – Gaggenau (Németország) – URL (<https://www.kohlauer.com/planta/>) – [2024. április 24.]
- http16: *Benz Kotzen – 2009 – Enviromental Noise Barriers*. [on-line] – Desining with Sound – URL (<https://designingwithsound.wordpress.com/>) – [2024. április 24.]
- http17: dr. Papp László – 2021 – *Érdemes-e napelemeket telepíteni az autópályákra?* [on-line] – Villanyautósok – URL (<https://villanyautosok.hu/2021/12/19/erdemes-e-napelemeket-telepiteni-az-autopalyakra/>) – [2024. április 24.]
- http18: *Silent Solar*. [on-line] – Forster FF – URL (<https://www.forster.at/silent-solar>) – [2024. április 24.]
- http19: Oliver, Schirg – 2014 – *Endlich ein Deckel gegen den Lärm für die A 7*. [on-line] – Welt – URL (<https://www.welt.de/regionales/hamburg/article125086831/Endlich-ein-Deckel-gegen-den-Laerm-fuer-die-A-7.html>) – [2024. április 24.]
- http20: *Einhausung Schwamendingen, Zürich*. [on-line] – Projekt: 2008–2022, Realisation: 2023–2024 – La.Arch. Krebs und Herde – URL (<https://krebundherde.ch/projekte/einhausung-schwamendingen-zuerich/>) – [2024. április 24.]
- http21: *Központi Statisztikai Hivatal* [on-line] – URL (<https://www.ksh.hu/>) [2024. április 26.]

Szóbeli adatközlők

Bitaróczy Tamás M7 autópálya Martonvásári mérnökség mérnökségvezetője, Koncessziós Infrastruktúra Fejlesztő Zrtbeli adatközlők

Cseppely Nóra okl. tájépítész- és környezetmérnök, önálló tervező, Unitef 83 Zrt.

Dévényi György Közlekedésépítési üzletágvezető, SW Umwelttechnik Magyarország Kft.

Endródi Péter agrármérnök és környezetgazdálkodási szakmérnök, zajvédelmi szakértő, Unitef 83 Zrt.

Fodor István üzemeltetés-fenntartási vezető mérnök, Magyar Közút Nonprofit Zrt, Központi Üzemeltetési és Fenntartási osztály

Gulyás István László útkörnyezet-gazdálkodási mérnök, Magyar Közút Nonprofit Zrt, Központi Üzemeltetési és Fenntartási osztály

Hegedüs Máté adatbanki főmunkatársa, Magyar Közút Nonprofit Zrt Országos Közúti Adatbank osztály

Klementi Gábor M1 autópálya Bicskei mérnökség mérnökségvezetője, H Koncessziós Infrastruktúra Fejlesztő Zrt

Lőrinczi Bálint útkörnyezet-gazdálkodási csoportvezető, Magyar Közút Nonprofit Zrt, Központi Üzemeltetési és Fenntartási osztály

Major Tamás, mélyépítés, környezettechnika vasútépítés, Durisol üzletágvezető, Leier cégcsoport

Muntág András zajvédelmi szakértő, EnviroPlus Kft

Ábrajegyzék

1. ábra Újrahasznosított műanyag zajfal, Procter Brothers Ltd 2024 angliai cégcsoport gyártmány....	11
2. ábra Zajfal betonból mintázattal.....	12
3. ábra Fafonatos zajárnyékolófal.....	12
4. ábra Fafonatos zajárnyékoló falak M7 autópálya Sukoró környékén	13
5. ábra Üvegből készült zajárnyékolófal	13
6. ábra Leier gyártású Durisol fabeton zajárnyékoló falak.....	15
7. ábra Fabeton zajfal a védendő oldal felől, Érd, M7.....	15
8. ábra Gabionfalak, Sinsheim, BAB 6 és Sarstedt, B 6 Németország	16
9. ábra Gabionfal kitöltése különböző anyagokkal	17
10. ábra Autópályák nyomvonalai Magyarországon.....	20
11. ábra Autópályák nyomvonalai Magyarországon.....	21
12. ábra Autópályák nyomvonalai Magyarországon, feketével jelölve az M0 körgyűrű és az M5 mintaterületek.....	23
13. ábra M5 autópályán alkalmazott zajárnyékolófalak anyaghasználatának aránya	23
14. ábra M5 autópálya környezete Táborfalva térségében	24
15. ábra M5 autópálya környezete Kecskemét térségében.....	24
16. ábra M5 autópálya környezete Szatymaz térségében	25
17. ábra M0 autópályán alkalmazott zajárnyékolófalak anyaghasználatának aránya	25
18. ábra M0 körgyűrű Dunakeszinét a felüljáró alulról fotózva.....	26
19. ábra M0 körgyűrű Pécel felől, a pálya takarófásítással lett tájbaillesztve.....	26
20. ábra M0 körgyűrű Nagytétény környéke, északi oldalról fotózva, a tájbaillesztés takarófásítással történt.....	27
21. ábra Zajvédelmi célú erdőtelepítés	28
22. ábra Zajvédelmi célú töltések működésének elve	29
23. ábra Növénnyel telepített zajvédelmi töltés Németországban.....	30
24. ábra Növénnyel felfutató zajárnyékoló fal KOHLHAUER cégcsoport kivitelezésében	31
25. ábra Utólag zajfalra felhelyezhető napelemes egységek az ausztriai Forster cégcsoport kivitelezésében	33
26. ábra A zajvédelmi alagutak elhelyezése elhelyezkedése az A7 autópálya vonalán Hamburgban ..	35
27. ábra A vizualizáció az A7 zajvédelmi alagútjának lehetséges tervezését mutatja be a Scnelsen körzetben	36
28. ábra Látványterv Zürich-Schwamendingenben az autópálya belvárosi szakaszának körbeépítésér	37
29. ábra A kérdőív kitöltők életkorának megoszlása.....	44
30. ábra Lakossági kérdőív eredményei: Zajfal típusok lakossági megítélése a forgalomban résztvevők szemszögéből.....	45
31. ábra Lakossági kérdőív eredményei: Zajfallal kapcsolatos tényezők lakossági megítélése a forgalomban résztvevők szemszögéből	46
32. ábra Lakossági kérdőív eredményei: Zajfal típusok lakossági megítélése a védett oldal szemszögéből.....	46
33. ábra Lakossági kérdőív eredményei: Zajfallal kapcsolatos tényezők lakossági megítélése a védett oldal szemszögéből	47
34. ábra Lakossági kérdőív eredményei: Az innovatív módszerek igényének összehasonlítása	48

Táblázatjegyzék

1. táblázat Hagyományos zajárnyékoló megoldások összehasonlítása tájbailleszthetőségük szempontjából	18
2. táblázat Hagyományos zajárnyékoló megoldások összehasonlítása anyagi vonzatuk szempontjából	19
3. táblázat Zajárnyékolófalak típusonkénti megoszlása a magyarországi autópályák mentén.....	21
4. táblázat Alternatív zajárnyékoló megoldások összehasonlítása tájbailleszthetőség szempontjából .	38
5. táblázat Alternatív zajárnyékoló megoldások összehasonlítása anyagi vonzatuk szempontjából.....	39
6. táblázat Alternatív megoldások megítélése szakterületek alapján.....	42

Mellékletek

Összefoglaló táblázat

Zajárnyékoló falak típusonkénti megoszlása M5 autópályák mentén		
Anyaghasználat	Hossz (méter)	%
fém / alumínium	722,0	3,7
fa burkolatú / fafonatos	17 504,5	89,0
fabeton / fagyapot + beton	1 110,0	5,6
plexi / metilmetakrilát	0,0	0,0
műanyag	0,0	0,0
üveg	259,5	1,3
egyéb	71,5	0,4
Összesen	19 667,5 m	100 %

1. melléklet Zajárnyékoló falak típusonkénti megoszlása M5 autópályák mentén (Forrás: saját szerkesztés)

Zajárnyékoló falak típusonkénti megoszlása M0 körgyűrű mentén		
Anyaghasználat	Hossz (méter)	%
fém / alumínium	0	0,0
fa burkolatú / fafonatos	2312	9,8
fabeton / fagyapot + beton	19 078,5	80,7
plexi / metilmetakrilát	1 608	6,8
műanyag	0	0,0
üveg	345	1,5
egyéb	287	1,2
Összesen	23 630,5 m	100 %

2. melléklet Zajárnyékoló falak típusonkénti megoszlása M0 körgyűrű mentén (Forrás: saját szerkesztés)

Kérdőív kérdések

1. Ön hány éves?

- a. 18 alatti
- b. 19-25
- c. 26-40
- d. 41-60
- e. 61 feletti

2. Van-e tartózkodási helye közelében zajárnyékoló fal? (munkahely, lakhely, közlekedési útvonal)

- a. Igen
- b. Nem

3. Zavarja-e a zajárnyékoló fal látványa Önt?

- a. Igen, nagymértékben
- b. Kis mértékben
- c. Észre sem veszem
- d. Nem, mert szép kivitelezésű
- e. Nem, egyéb okból

4. Ha igen, miért zavarja Önt?

- a. Elöregedett
- b. Nincs karbantartva
- c. Csúnya a színezése
- d. Szürke és rideg
- e. Tömör határt képez, bezártság érzetem van mellette
- f. Egyéb

5. Találkozott már zöld növényvel befuttatott zajárnyékoló fallal?

- a. Igen
- b. Nem
- c. Nem emlékszem

6. Mit szeretnénk a fal két oldalán?

A következő kérdésekben több szempontból szeretném megközelíteni a témát. Kérem, vegye figyelembe, hogy a zajfal közlekedési oldalára vagy a védett oldalra (pl. lakóövezet) irányulnak a kérdések.

6.1. Ön szerint mennyire fontos a zöldterületek, zöldfelületek növelése?

- Nagyon fontos, minden lehetőséget meg kell ragadnunk, hogy minél több zöldfelületet hozzunk létre
- Fontos, ha felszabadul terület érdemes zöldíteni építkezés helyett
- Elegendő a jelenlegi zöldterületeknek-, felületeknek a mennyisége
- Nagyobb igény van a burkolt felületekre és beépített területekre, mert kevesebb utógondozást igényel, mint a beültetett területek

6.2. Önnek milyen zajárnyékoló falak felelnének meg a forgalomban résztvevőként?



- Fabeton, hagyományos színezéssel
- Fafonatos
- Szürke betonelemes
- Növénnyel kombinált
- Gabion fal (rácshálós fal kövekkel, bontott téglával vagy rönkkel töltve)
- Üveggel vagy plexivel kombinált

6.3. Önnek, mint a közlekedésben résztvevőnek milyen tényezők fontosak a zajvédő létesítményekkel kapcsolatban?

- a. Jó hangelnyelő képesség
- b. Esztétikailag szép színezés (színezés, mintázat, magasság, állapot)
- c. Látható legyen az autótutat/vasutat körbevevő környezet "Zöld övezetben", természet közelben érezzem magam
- d. Másodlagos funkciót is lásson el (pl. energiatermelés, légszennyezés csökkentése, zöldfelület növelése)
- e. Ne legyen túl monoton
- f. Ne legyen bezártság érzetem

6.4. Önnek milyen zajárnyékoló létesítmények felelnének meg a bevédett oldal irányából



- a. Fabeton, hagyományos színezéssel
- b. Fafonatos
- c. Szürke betonelemes
- d. Növénnyel kombinált
- e. Gabion fal (rácshálós fal kövekkel, bontott téglával vagy rönkkel töltve)
- f. Üveggel vagy plexivel kombinált

6.5. Önnek a bevédett oldal irányából nézve milyen tényezők fontosak a zajvédő létesítményekkel kapcsolatban?

- a. Jó hangelnyelő képesség
- b. Esztétikailag szép színezés (színezés, mintázat, magasság, állapot)

- c. Látható legyen az autópályát/vasutat körbevevő környezet
- d. "Zöld övezetben", természet közelben érezzem magam
- e. Másodlagos funkciót is lásson el (pl. energiatermelés, légszennyezés csökkentése, zöldfelület növelése)
- f. Ne legyen túl monoton
- g. Ne legyen bezártság érzetem

7. Külföldi példák

A dolgozatom során külföldi innovatív megoldások kutatásával is foglalkozok. A következő részben arra keresem a választ, hogy ezekkel a megoldásokkal találkoztak-e már valahol, szívesen látnák hazánkban.



Ezeket a képeket egy zajcsökkentő megoldás látható Hamburgban az A7 autópályán, ahol befedték az utat, olyan helyeken, ahol a várost kettévágta a közlekedés. Ezzel a módszerrel javul az életminőség: Az alagutak felett parkok és kertek épülnek, valamint összenőnek a városrészek.

7.1. Ön találkozott már ilyen vagy ehhez hasonló megoldással?

- a. Igen
- b. Nem
- c. Nem emlékszem rá

7.2. Ha igen, hol?

7.3. Ön szívesen látna hasonló megoldásokat hazánkban is?

- a. Igen, mindenképp. Már megépült utaknál is fontolóra kéne venni.
- b. Jó megoldásnak találom, de nem látom szükségét hazánkban.
- c. Főlegesen gondolom, nem hinném, hogy számottevően javul bárhol is az

Ezekon a képeken napelemmel kombinált zajárnyékoló fal látható, amelyek, egyrészt védenek a zaj ellen, másrészt a falak alépítményként szolgálnak a környezetbarát energiaforrások számára. A bal oldalt és középen látható képen utólag is felhelyezhető elemek láthatóak, amelyeket egy német cég gyárt. A jobb oldalt egy Hollandiában megvalósított beépített napelemes rendszer látható.



7.4. Ön találkozott már ilyen vagy ehhez hasonló megoldással?

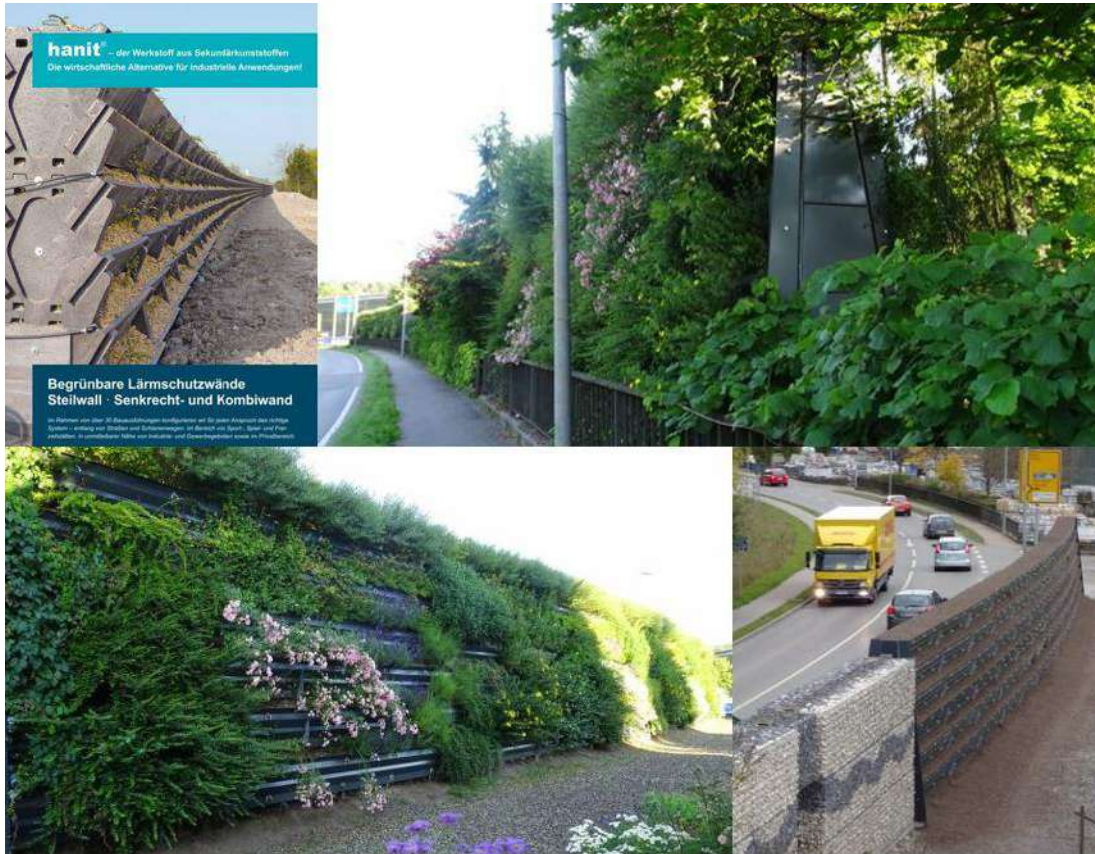
- a. Igen
- b. Nem
- c. Nem emlékszem rá

7.5. Ha igen, hol?

7.6. Ön szívesen látna hasonló megoldásokat hazánkban is?

- a. Igen, mindenképp. Már megépült utaknál is fontolóra kéne venni.
- b. Jó megoldásnak találom, de nem látom szükségét hazánkban.
- c. Főlegesen gondolom, nem hinném, hogy számottevően javul bárhol is az

A következő képeken növényvel kombinált zajárnyékoló falak láthatóak Stuttgart környékén. A képeket láthatjuk a zajfalak szerkezetét, illetve a későbbi állapotot. Tesztelések alapján kiderült, hogy a növényekkel fedett zajárnyékoló falaknál a közúti forgalom zaját a tesztalanyok kevésbé zavarónak és kevésbé hangosnak érzékelték a védendő oldalon.



7.7. Ön találkozott már ilyen vagy ehhez hasonló megoldással?

- a. Igen
- b. Nem
- c. Nem emlékszem rá

7.8. Ha igen, hol?

7.9. Ön szívesen látna hasonló megoldásokat hazánkban is?

- a. Igen, mindenképp. Már megépült utaknál is fontolóra kéne venni.
- b. Jó megoldásnak találom, de nem látom szükségét hazánkban.
- c. Főlegesen gondolom, nem hinném, hogy számottevően javul bárhol is az

Szakmai interjú kérdések

1. Mióta foglalkozik zajárnyékoló fal tervezéssel, kivitelezéssel, gyártással, kezeléssel?
2. Mit gondol az Magyarországon megtalálható közúti zajeszkentő létesítményekről?
3. Milyen Magyarországon alkalmazott megoldásokat ismer?
4. Mik az előnyei, hátrányai ezeknek a megoldásoknak?
5. Látott-e külföldön innovatív megoldásokat? Ha igen mit gondol róluk?
6. Mit gondol ezekből a megoldásokról

A képeken **növénnyel kombinált** zajárnyékoló falak láthatóak Stuttgart környékén. Tesztelések alapján kiderült, hogy a sövényekből származó közúti forgalom zaját a tesztalányok kevésbé zavarónak és kevésbé hangosnak érzékelték a védendő oldalon.



A képeken **napelemmel kombinált** zajárnyékoló falak láthatóak, amelyek egyrészt védenek a zaj ellen, másrészt a falak alépítményként szolgálnak a környezetbarát energiaforrások számára. Hollandia, Linz



A képeken **Gabionfalak** láthatóak Németországban (pl. Sinsheim, BAB 6; Sarstedt, B 6). Ezek a falak kombinálhatóak növényekkel, illetve többfajta anyaghasználat is alkalmazható.



Zajcsökkentő alagutak Hamburgban A7



7. Mit gondol, milyen innovatív zöld megoldásokat lehetne alkalmazni Magyarországon?
8. Mi az akadálya ezen innovatív megoldások alkalmazásának hazánkban?
9. Lakossági nyomásra Ön szerint történhet-e változás ezen a téren?

Kivitelező:

- Kivitelezési szempontból mi a legkönnyebben kivitelezhető? Mik szoktak nehézséget okozni?

Tervező:

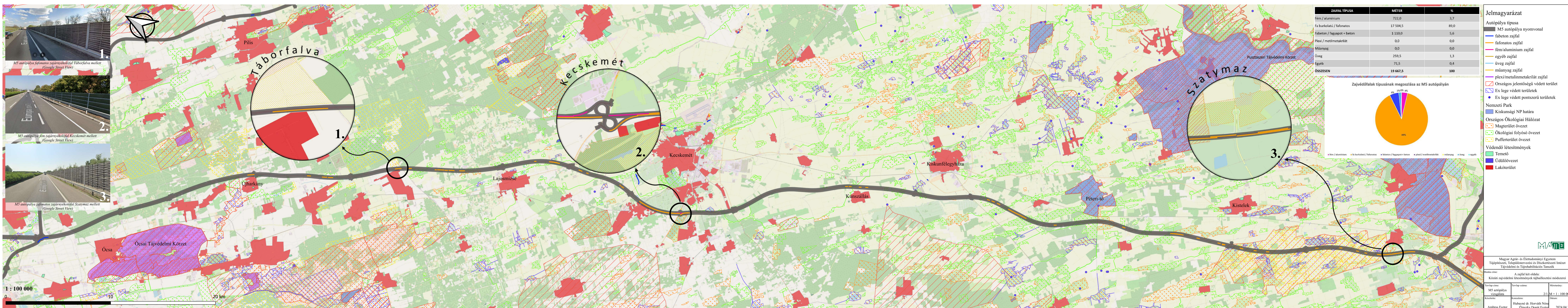
- Tervezésnél figyelembe veszik-e a zajfal védett oldalának településképi, tájképi megjelenését?
- Minden olyan esetben történik zajfal létesítés, ahol a jogszabály előírja?
- A meglévő autópályák zajfalaknál várható-e felülvizsgálat, korszerűsítés?
- Szükség esetén létesítenek-e további zajfalakat innovatívabb módszerekkel?
- Új autópálya létesítésnél alkalmaznak-e innovatív megoldásokat?

Gyártó:

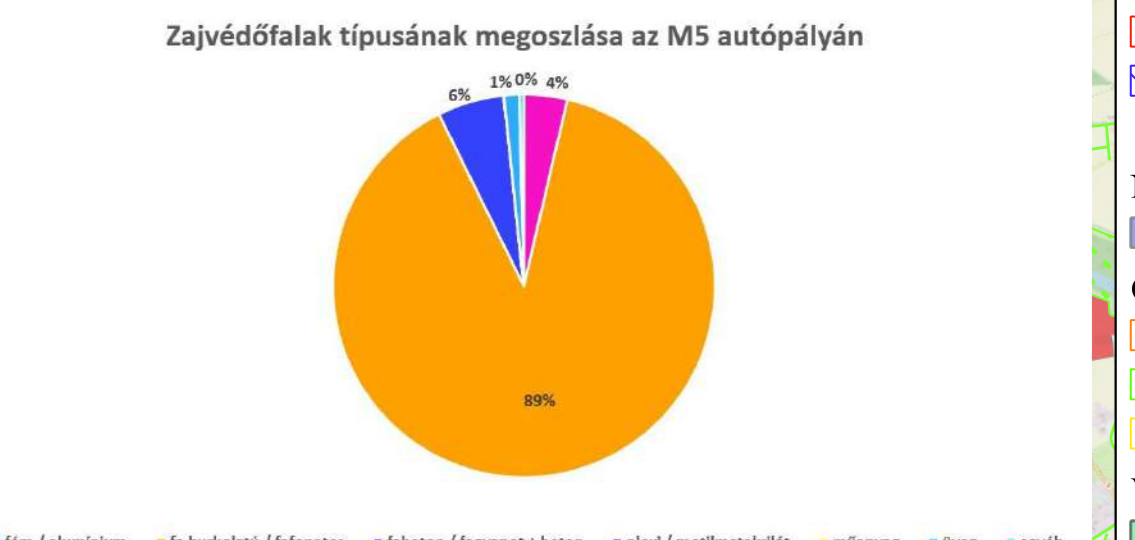
- Nyomon követik-e a külföldi innovatív megoldásokat?
- Történik-e fejlesztés? Ezeknél a fejlesztéseknél mi a prioritás? (pl. jobb zajelnyelés, zöldebb kinézet, újrahasznosított anyagfelhasználása)

Üzemeltető:

- Mi akadályozza azt, hogy a hagyományos fabeton megoldáson kívül más megoldások is elterjedjenek kezelői szempontból?
- Milyen nehézségeket lát ezekben az innovatívabb megoldásokban?
- Mi tenné kezelői szempontból vonzóbbá az új megoldások alkalmazását?



ZAJFAL TÍPUSA	MÉTER	%
Fém / alumínium	722,0	3,7
Fa burkolatú / fafonatos	17 504,5	89,0
Fabeton / fagyapot + beton	1 110,0	5,6
Plexi / metilmetakrilát	0,0	0,0
Műanyag	0,0	0,0
Üveg	259,5	1,3
Egyéb	71,5	0,4
ÖSSZESEN	19 667,5	100



- ### Jelmagyarázat
- Autópálya típusa**
- M5 autópálya nyomvonal
 - fabeton zajfal
 - fafonatos zajfal
 - fém/alumínium zajfal
 - egyéb zajfal
 - üveg zajfal
 - műanyag zajfal
 - plexi/metilmetakrilát zajfal
- Országos jelentőségű védett terület**
- Ex lege védett területek
 - Ex lege védett pontszerű területek
- Nemzeti Park**
- Kiskunsági NP határa
- Országos Ökológiai Hálózat**
- Magterület övezet
 - Ökológiai folyósó övezet
 - Pufferterület övezet
- Védendő létesítmények**
- Temető
 - Üdülőövezet
 - Lakóterület



1 : 100 000

0 10 20 km

MATE

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet
Tájvédelmi és Tájrehabilitációs Tanszék

Munka címe: A zajfal két oldala: Közüti zajvédelmi létesítmények tájbaillesztési módszerei

Tervlap címe: M5 autópálya vizsgálata	Tervlap száma:	Méretarány: M = 1 : 100 000
Készítette: Ambrus Eszter	Konzipiens: Hubayné dr. Horváth Nóra Zlinszky Donát Eszter	Dátum: 2024.04.28



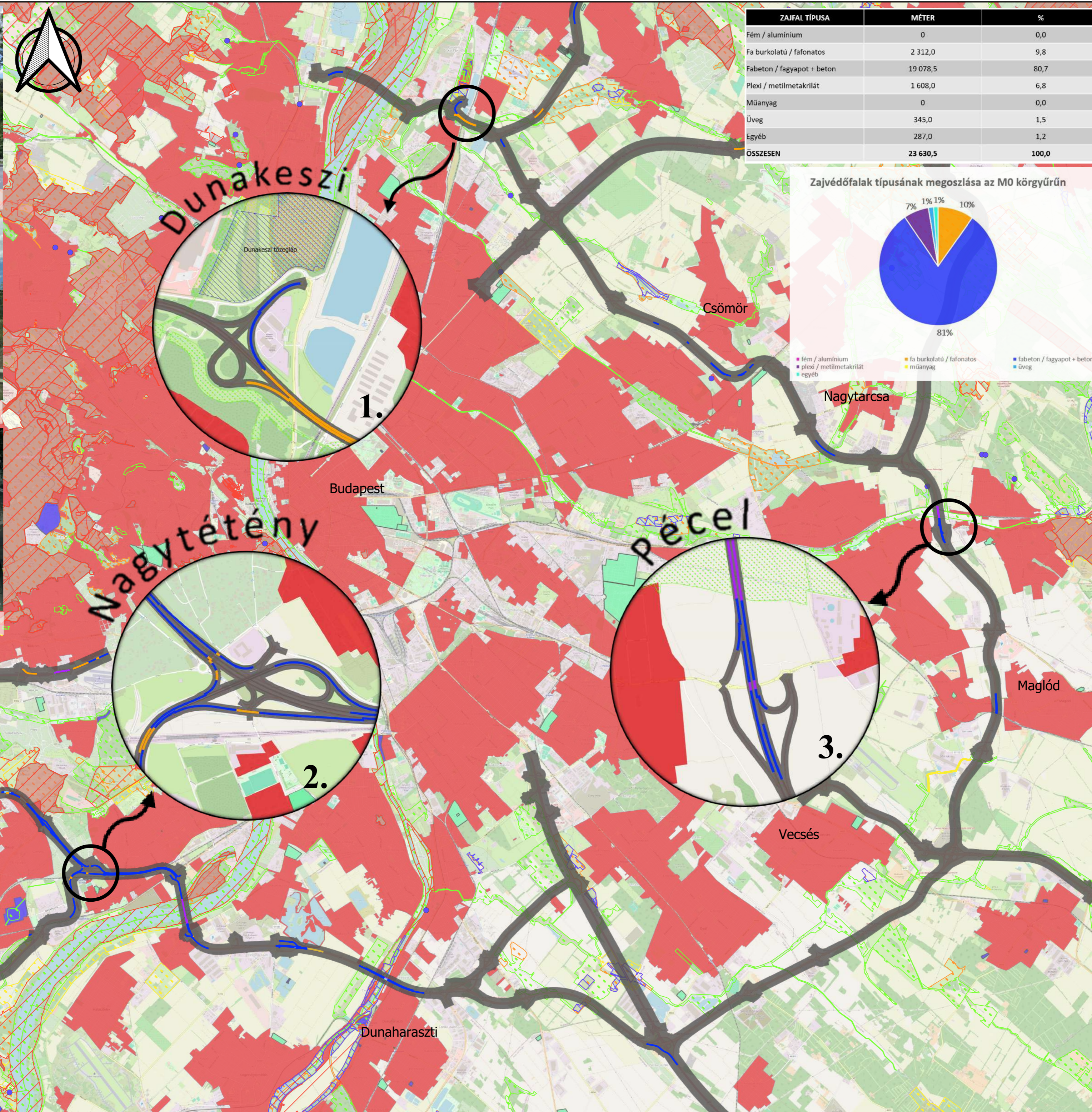
1. M0 körgyűrű Dunakeszinél a felüljáró alulról fotózva (Saját kép: 2024.04.21)



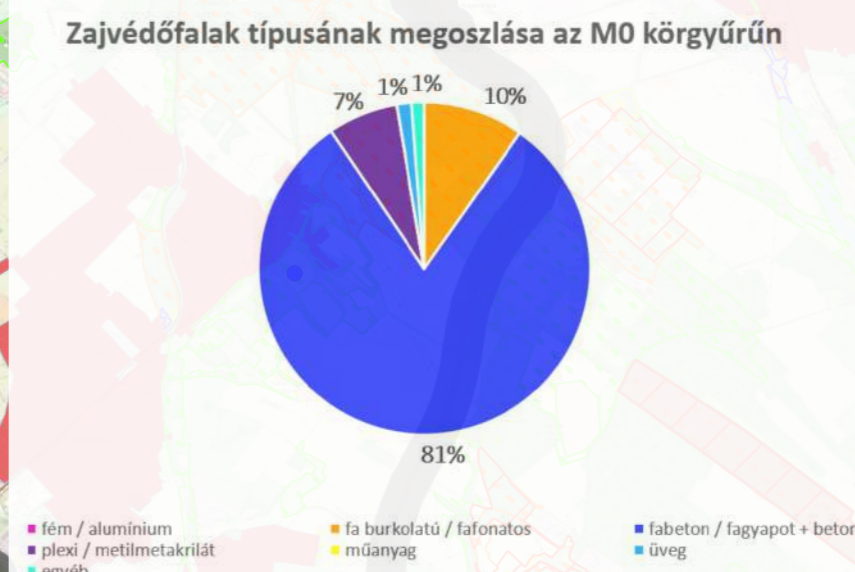
2. M0 körgyűrű Pécelnél a felüljáró alulról fotózva (Saját kép: 2024.04.21)



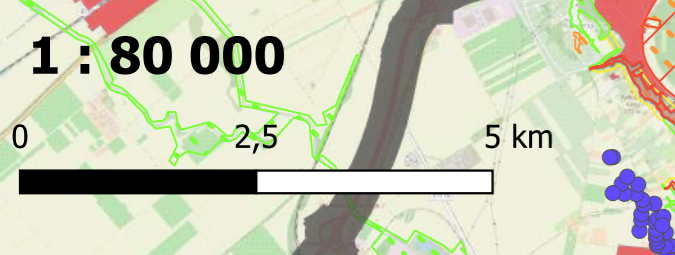
3. M0 körgyűrű Nagytéténynél az felüljáró alulról fotózva (Saját kép: 2024.04.21)



ZAJFAL TÍPUSA	MÉTER	%
Fém / alumínium	0	0,0
Fa burkolatú / fafonatos	2 312,0	9,8
Fabeton / fagyapot + beton	19 078,5	80,7
Plexi / metilmetakrilát	1 608,0	6,8
Műanyag	0	0,0
Üveg	345,0	1,5
Egyéb	287,0	1,2
ÖSSZESEN	23 630,5	100,0



- ### Jelmagyarázat
- Autópálya típusa**
 - M0 körgyűrű nyomvonal
 - Zajfali típusok**
 - fabeton zajfal
 - fafonatos zajfal
 - fém/alumínium zajfal
 - egyéb zajfal
 - üveg zajfal
 - műanyag zajfal
 - plexi/metalinmetakrilát zajfal
 - Védett területek**
 - Országos jelentőségű védett terület
 - Ex lege védett területek
 - Ex lege védett pontszerű területek
 - Nemzeti Park**
 - Duna-Ípoly NP határa
 - Országos Ökológiai Hálózat**
 - Magterület övezet
 - Ökológiai folyósó övezet
 - Pufferterület övezet
 - Védendő létesítmények**
 - Temető
 - Üdülőövezet
 - Lakóterület



MATE

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet
Tájvédelmi és Tájrehabilitációs Tanszék

Munka címe: A zajfal két oldala: Közúti zajvédelmi létesítmények tájbaillesztési módszerei

Tervlap címe: M0 körgyűrű vizsgálata	Tervlap száma: 2/2	Méretarány: M = 1 : 80 000
Készítette: Ambrus Eszter	Konzulens: Hubayné dr. Horváth Nóra, Zlinszky Donát Eszter	Dátum: 2024.04.28

A zajfal két oldala: Közúti zajvédelmi létesítmények tájbaillesztési módszerei

Ambrus Eszter

Tájrendező és kertépítő mérnöki alapképzés szak, alapképzés, nappali
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Budai Campus, Tájépítészeti, Településtervezési
és Díszkertészeti Intézet, Tájvédelmi és Tájrehabilitációs Tanszék

Belső témavezető: **Hubayné dr. Horváth Nóra**, egyetemi docens, MATE, Budai Campus,
Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, Tájvédelmi és Tájrehabilitációs
Tanszék

Külső témavezető: **Zlinszky Donát Eszter**, tájépítész mérnök, környezetgazdálkodási
szakmérnök, Unitef '83 Zrt.

A szakdolgozatomban az autópályák menti zajvédelmi létesítmények tájbaillesztési módszereivel foglalkoztam. Előzetes hipotézisem szerint Magyarországon nem fektetnek megfelelő hangsúlyt a zajárnyékolási objektumok/műtárgyak tájbaillesztésére, illetve ritka az innovatív, zöld megoldások használata. A téma aktualitását az adja, hogy nemzetközi és hazai szinten is egyre több autópálya épül, egyre nagyobb a forgalom és ebből következően fokozódik a zajterhelés. Ezért felmerül a kérdés hogyan lehet védekezni úgy a közlekedési zaj ellen, hogy ne egy tájidegen objektumot lássunk az utak mentén.

A vizsgálatokat egy országos helyzetfeltárással kezdtem, amelyhez a Magyar Közút Nonprofit Zrt. Közúti szolgáltató Igazgatóságtól kaptam térinformatikai adatszolgáltatást. Megállapítható, hogy a Magyarországon a zajárnyékoló falak szűk körét alkalmazzák, többnyire a hagyományosnak számító beton, fabeton és fafonatos falakat. Az alkalmazott típusok kiválasztásánál a leginkább meghatározó tényező az anyagi forrás, valamint a rendelkezésre szolgáló terület, mivel a helyigénynek szintén vannak költségvonzatai. A tájbaillesztési szempontok háttérbe szorulnak hazánkban.

A külföldön alkalmazott innovatív megoldások bemutatását internetes kutatásokra alapoztam, amelyeket egységes szempontrendszer alkalmazásával értékeltem tájbaillesztettség és anyagi vonzatuk szempontjából. A megállapításaimat táblázatos formában foglaltam össze.

A szakdolgozatom fontos pontjának találom, hogy szakmai interjúkat és lakossági közvélemény kutatást végeztem. A hazánkban alkalmazott hagyományos és a külföldi innovatív zajárnyékoló szakmai megítélésének feltárása céljából felkerestem tervezőket, kivitelezőket, üzemeltetőket és gyártókat. Az interjúk során arra kerestem a választ, hogy miért nem terjedtek el az innovatív megoldások Magyarországon. A szakmai interjúk eredményeképpen megállapítható, hogy többségében támogatják az alternatív megoldásokat és érzékelik az érintett felek, hogy szükség lenne változtatásra, amelyet támogatnának is. Azonban amíg hazánkban nem érzékelik a döntéshozók azt a tényt, hogy ezekre a változtatásokra szükség van, addig nem történhet nagyobb előrelépés.

A lakossági közvélemény kutatás során a kérdések arra irányultak, hogy hogyan vélekednek az emberek a hagyományos és az innovatív megoldásokról, illetve mennyire lennének nyitottak a fejlesztésre. A kérdőívet kitöltők (közel 100 fő) véleményei alapján egyértelmű, hogy a lakosság szívesen látna „zöldebb” megoldásokat hazánkban, mint az közlekedésben résztvevő, mint a védendő oldalon élő egyaránt.

Mindezek alapján kijelenthető, hogy érdemes foglalkozni a külföldön már elterjedt „zöld” tájbailló zajárnyékoló fal megoldásokkal és átgondolni azt, hogy ezeket hazánkban, hogyan lehetne alkalmazni.